

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Estudios Sociales y Globales

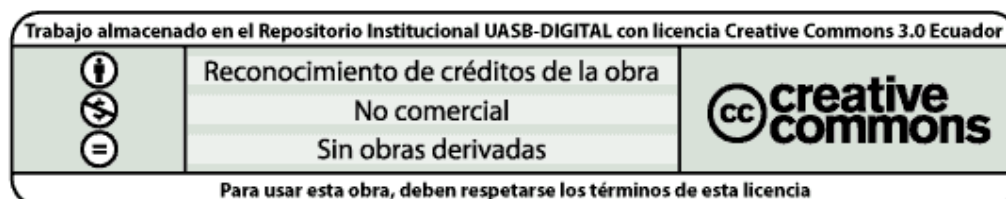
Maestría en Cambio Climático y Negociación Ambiental

**Análisis de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero
mediante descomposición aeróbica de residuos industriales en mezcla
con residuos pecuarios**

Adriana Verónica del Rocío Racines Cuesta

Tutor: Augusto Sánchez Ubidia

Quito, 2018



Cláusula de cesión de derecho de publicación de tesis/monografía

Yo, Adriana Verónica del Rocío Racines Cuesta, autora de la tesis intitulada “Análisis de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante descomposición aeróbica de residuos industriales en mezcla con residuos pecuarios”, mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magister en Cambio climático y Negociación Ambiental en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo, por lo tanto, la Universidad utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en formato virtual, electrónico, digital u óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

Fecha.

Firma:

Resumen

El deterioro ambiental y el cambio climático, son temas actuales y preocupantes que van de la mano; estos problemas están ligados al desarrollo de actividades productivas ya sean de carácter doméstico, industrial o agrícola, que en su cadena de producción presentan como último eslabón la generación de desechos. El presente trabajo se enfoca en la problemática de la generación de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de los desechos de la industria papelera y ganadera y su mitigación a través del tratamiento y gestión de los mismos. El objetivo de la presente investigación es determinar, de manera preliminar, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante descomposición aeróbica de residuos industriales en mezcla con residuos pecuarios. La metodología utilizada para la cuantificación de las emisiones del escenario de línea base, del escenario del proyecto y de la reducción de emisiones corresponde a la versión 2.0 de la metodología “Alternative Waste Treatment Processes” (ACM022) para el diseño de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio que estén relacionados con procesos alternativos para el tratamiento de desechos como el compostaje. La información de los residuos de la industria papelera fueron obtenidos de la Compañía Familia Sancela S.A y la de los residuos de la actividad ganadera de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria-IASA 1, Departamento de Ciencias de la Vida de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE. Como resultado se pudo estimar que la reducción de emisiones ocurre principalmente debido a la actividad de compostaje que evita que los residuos de celulosa lleguen al sitio actual de disposición final, lo que determina la eliminación de la fuente generadora de metano que resulta de la descomposición anaeróbica. Por otro lado, el proceso de compostaje tiene emisiones muy bajas comparadas con aquellas generadas en la línea base, lo que da como resultado una disminución altamente representativa de las emisiones. Adicionalmente se realizó una estimación de las emisiones a 10 años y se calculó una reducción preliminar de 84.169,6 tCO₂e gracias a esta iniciativa.

Palabras Clave: Cambio Climático, Compostaje, Emisiones, GEI

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, a los que
están y a los que ya han partido.....

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que contribuyeron en la realización del presente trabajo, especialmente al Ing. Augusto Sánchez Ubidia, quien me apoyó de manera invalorable con su capacidad y conocimiento para culminar esta investigación. Una mención especial para Sandrita Avilés, por su estímulo y ayuda durante todo el ciclo de estudios.

Contenidos

1	Capítulo primero	9
1.1	Introducción	9
1.2	Planteamiento del problema	12
1.3	Justificación de la pertinencia y/o relevancia del tema	17
1.4	Objetivo general	19
1.5	Objetivos específicos	19
2	Capítulo segundo	21
2.1	Generalidades	21
2.2	Industria papelera	23
2.3	Ganadería	27
2.4	Emisiones de gases de efecto invernadero y su contribución al calentamiento global.	29
2.5	Perspectiva general de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en el sector AFOLU	33
2.5.1	Procesos de emisión y absorción	35
2.5.2	Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol.	35
2.6	Perspectiva general de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector desechos.....	37
2.6.1	Emisiones resultantes de la generación de los desechos	39
2.6.2	Sistema de Compostaje de residuos orgánicos	41
3	Capítulo tercero.....	44
3.1	Metodología	44
3.2	Descripción del Proyecto	45
3.3	Cálculo de Emisiones de GEI	57
3.3.1	Emisiones de línea base	57
3.3.1.1	Emisiones de los residuos de la industria papelera	58
3.3.1.2	Emisiones de los residuos de la actividad ganadera	61
3.4	Emisiones del proyecto	64
3.5	Reducción de emisiones	66
4	Capítulo cuarto.....	69

4.1	Conclusiones	69
4.2	Recomendaciones.....	70
5	Referencias Bibliográficas	72
6	Glosario.....	77
7	Anexos	84
Anexo1	Análisis del desecho de papel	84
Anexo 2	Análisis del estiércol	85
Anexo 3	Análisis del material inicial de Tratamiento 1 (15 días).....	86
Anexo 4	Análisis del material compostado de tratamiento 1 (15 días).....	87
Anexo 5	Análisis del material inicial de tratamiento 2 (30 días)	88
Anexo 6	Análisis del material compostado de tratamiento 2 (30 días).....	89
Anexo 7	Análisis celulosa 1	90
Anexo 8	Análisis celulosa 2	91

Índice de Gráficos

Gráfico 1.1	Fuentes de emisión de GEI.....	11
Gráfico 2.1	Desechos y lodos de fibras, de materiales de carga y estucado en las fábricas de papel.....	25
Gráfico 2.2	Proceso de producción de Papel.....	26
Gráfico 2.3	Emisiones de gases de efecto invernadero según la especie	29
Gráfico 2.4	Diferencias en las concentraciones de dióxido de carbono.....	31
Gráfico 2.5	Emisiones de GEI por sector	32
Gráfico 2.6	Principales fuentes de emisión/ absorción de GEI y procesos ecosistémicos gestionados	34
Gráfico 2.7	Mapa de residuos sólidos recolectados diariamente	38
Gráfico 2.	Mapa de residuos sólidos, orgánicos e inorgánicos, recolectados diariamente	39
Gráfico 2.9	Estructura del sector desechos por categorías según el IPCC	40
Gráfico 2.10	Proceso de Compostaje	43
Gráfico 3.1	Laboratorio de Campo de la Cátedra de Agricultura Orgánica.....	45

Gráfico 3.2 Emisiones de CO ₂ e, en los escenarios proyecto compostaje y línea base, proyectados a 10 años a partir de 2017	67
Gráfico 3.3 Diferencia en la producción de CO ₂ e en la línea base y en el proyecto de compostaje	68

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Resumen del total de emisiones y absorciones del INGEI 2010.....	15
Tabla 2.1 Contribución de los principales Gases de Efecto Invernadero	30
Tabla 3.1 Fechas de inicio y final del proceso de compostaje en los tratamientos	49
Tabla 3.2 Composición del residuo de la industria de Papel.....	59
Tabla 3.3 Cálculo de Dióxido de Carbono equivalente, en un periodo de 10 años a partir del residuo de papel	60
Tabla 3.4 Datos de las Guías del IPCC para el sector AFOLU.....	62
Tabla 3.5 Calculo de Dióxido de Carbono equivalente, para un periodo de 10 años a partir del estiércol	63
Tabla 3.6 Datos para la ecuación.....	64
Tabla 3.7 Calculo de Dióxido de Carbono equivalente, para un periodo de 10 años a partir de la aplicación del compostaje	65
Tabla 3.8 Tabla comparativa	66
Tabla 3.9 Resultados	68

Capítulo primero

Antecedentes

1.1 Introducción

El término cambio climático engloba a toda modificación permanente o transitoria de la normal histórica del clima en escalas regionales o globales, tales modificaciones generadas por actividades antropogénicas son reflejadas en el cambio de todos los parámetros meteorológicos: temperatura, humedad relativa, heliofanía, nubosidad etc. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) usa el término «cambio climático», solo para referirse al cambio por causas humanas, considerando que toda actividad humana afecta de manera negativa la composición atmosférica y produce una variación del clima con respecto a periodos similares (Román 2016).

Observando la historia, se puede determinar que las actividades antropogénicas han tenido gran influencia en la generación y ampliación del efecto invernadero, desde el inicio de la vida del hombre sobre el planeta.

Rosario Ambrogi Román (Román 2016), en su artículo “El Cambio Climático un Problema Económico”, divide las actividades antropogénicas responsables del cambio climático en cuatro etapas a través del tiempo; describiéndolas rápidamente, se observa que en la primera etapa se descubre el fuego y la agricultura lo que induce al hombre a adquirir hábitos sedentarios, esto trae como consecuencia el aumento de la población y la alteración del medio ambiente no solo por el desarrollo de la actividad agrícola sino por la forja de civilizaciones.

En la segunda etapa (Román 2016) hace mención de la conquista de América, África y Asia por parte de las comunidades europeas, esta etapa está marcada por la inserción del ganado vacuno y caballar en las diferentes colonias, con esto se establece la alteración continua de los ecosistemas propios de cada zona, además en este período el hombre incursiona en explotaciones mineras y se amplía el comercio entre las comunidades lo que trae consigo el intercambio biológico.

En la tercera etapa, llamada de industrialización y maquinismo, se producen una

serie de cambios sociales y tecnológicos que inducen a determinar en esta etapa el origen de la Revolución Industrial; durante esta etapa la humanidad pasó de formas de vida tradicionales basadas en la agricultura a otras fundamentadas en la industria y la mecanización.

Este proceso fue relativamente rápido, se observó una disminución en la mortalidad de la población lo que se traduce en un incremento demográfico, se determina el fenómeno de migración del campo a la ciudad, y se presenta también un crecimiento de la producción y consecución de los alimentos. Esta etapa se caracteriza por la utilización de materiales como el acero y el carbón lo que dio la pauta para que se desarrollaran nuevas tecnologías que dieron como resultado la aparición de máquinas motrices como los motores de combustión las máquinas de vapor, la invención de esta última dio paso a un avance tecnológico nunca antes visto.

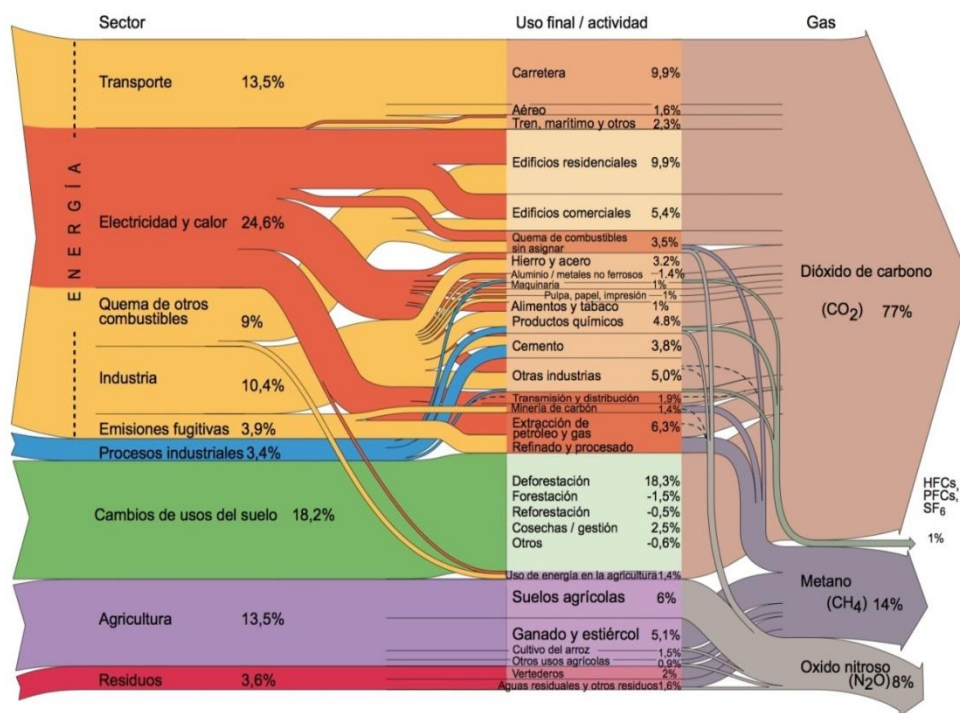
A partir de 1875 el proceso se intensificó, lo que ha llevado a los historiadores a hablar de una "Segunda Revolución Industrial". Esta etapa está representada por la presencia de la fuerza hidroeléctrica, la misma que generará grandes avances en los últimos años del siglo XIX y primeros años del siglo XX. Según (Román 2016), aquí se inicia el período actual o cuarta etapa, la misma que se caracteriza por el desarrollo científico, tecnológico y bélico; en esta etapa se da un uso indispensable del petróleo en todas las áreas industriales, hay explosión demográfica y esto da como consecuencia que los procesos de contaminación estén superando límites históricos y el mundo esté llegando a un punto de insostenibilidad

La breve descripción del desarrollo de la humanidad da pauta de que el progreso y la estabilidad del hombre han tenido una influencia negativa en su entorno, presentándose actualmente condiciones de afectación tanto en el suelo, como en las fuentes hídricas y la atmósfera; en este último espacio es donde se acumulan diferentes gases que son los causantes del efecto invernadero.

Según el IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) el Efecto Invernadero es un proceso mediante el cual la energía calórica proveniente del sol es retenida en la tierra debido a la acumulación de ciertos gases los cuales no permiten salir inmediatamente dicha energía de vuelta al espacio, provocando así un aumento de la temperatura general de la tierra; es un proceso muy similar al que sucede en un invernadero pero a escala global (Ponce 2016).

Los gases de efecto invernadero (GEI) son: el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), ozono (O_3) y los cloro fluorocarbonos o halocarbonos. (Román 2016). El 97% de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera son de origen antropogénico, a partir de 1750 su concentración ha aumentado progresivamente; así, se ha observado que la concentración de CO_2 se ha incrementado más o menos un 40% hasta la década de los 90, en este período se mantuvo estable con un promedio de 280 ppm. A partir de esa década la producción de este gas se aceleró, alcanzándose en el 2016 una concentración de 403.3 ppm, la más alta de los últimos 150 años. En este mismo año el CH_4 atmosférico alcanzó 1853 ppb (partes por mil millones), contribuyendo en aproximadamente un 17% al forzamiento radiativo, y el N_2O alcanzó las 328,9 ppb, causando aproximadamente el 6% del forzamiento radiativo¹ (Organización Meteorológica Mundial 2017).

Gráfico 1.1
Fuentes de emisión de GEI



¹ La información del Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero está respaldado en las observaciones del Programa de la Vigilancia de la Atmósfera Global de la Organización Meteorológica Mundial

Fuente: (“El Clima en Peligro. Una Guía Fácil del Cuarto Informe del IPCC” PNUMA, MARM y GRID-Arendal 2000)

Entre las proyecciones realizadas por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) de la ONU, como consecuencia de las emisiones de GEI se pueden mencionar:

- Incremento de 0.2°C por década
- Reducción de superficie de hielo y nieve, con posible desaparición de la región ártica para finales del siglo XXI, lo que traerá como consecuencia un incremento en los niveles marinos de 4-6 metros;
- Reducción de la precipitación en ecosistemas como la tundra, bosques boreales, regiones montañosas, ecosistemas de tipo Mediterráneo, bosques pluviales tropicales, manglares y marismas.
- Reducción de evapotranspiración como producto de la disminución de recursos hídricos en las regiones secas de latitudes medias y en las regiones tropicales secas (Ponce 2016).

1.2 Planteamiento del problema

El deterioro ambiental y el cambio climático, son temas actuales y preocupantes que van de la mano; estos problemas están interrelacionados y ejercen sinergias entre ellos; están ligados al desarrollo de actividades productivas, sean de carácter doméstico, industrial o agrícola, cuya cadena de producción presenta como último eslabón la generación de desechos, los mismos que, debido a la cantidad y al ritmo acelerado de acumulación se constituye en un problema que aumenta cada día pues su producción va creciendo exageradamente, originando un conflicto ambiental por los efectos causados sobre los recursos naturales (agua, suelo, aire) y el desmedro en la calidad del paisaje por la contaminación visual que se genera, debido a que son arrojados a fuentes hídricas, terrenos no poblados, o simplemente en lugares no apropiados. Además, el problema va más lejos todavía pues la presencia desordenada de los desechos afecta a la salud, deteriora la calidad de vida de las comunidades y altera el ambiente (Marquez y Pucuna 2015).

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) define a los desechos como todo material que es generado como producto de una actividad, ya sea por la acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos, formándose una masa heterogénea, que en muchos casos es difícil de reincorporar a los ciclos naturales (Ciro y Maria 2003). El término residuo incluye a todo material generado por las actividades de producción y consumo, que no alcanzan en el contexto en que son producidos ningún valor, puede ser por falta de tecnologías que permitan su total aprovechamiento o por falta de mercados que absorban los productos recuperados o reciclados (Suárez 2012). Estos materiales deben ser recogidos y tratados por razones de salud y de contaminación ambiental, para evitar ocupación innecesaria de espacio, o simplemente por motivaciones estéticas (Castro 2014).

Esta problemática en el manejo de los desechos se acentúan por la heterogeneidad en su presentación, evidenciándose la falta de tecnologías no solo para su clasificación (orgánicos, inorgánicos, sólidos, líquidos, etc.), sino también para desarrollar un manejo adecuado dependiendo de las características propias de cada residuo y de su nivel contaminante.

Si bien cualquiera de los aspectos mencionados resultaría una razón de sobra para catalogar los residuos sólidos como un problema que demanda acciones y soluciones inmediatas, existe una consideración adicional de peso que en muchas ocasiones es ignorada: la contribución de los desechos al calentamiento global.

Según (Rojas 2014), los inventarios de emisiones de GEI a nivel mundial, testifican que el sector residuos o desechos como se lo llama comúnmente, es responsable de aproximadamente entre el 3 y 4% de todas las emisiones antropogénicas a nivel mundial.

Este sector, incluye, emisiones de metano CH_4 , dióxido de carbono CO_2 , compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), óxidos de nitrógeno NO_x , monóxido de carbono CO , así como amoníaco NH_3 ; estos elementos son producidos por la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios, incineración, falta de control de lixiviados y/o arrojado en fuentes naturales de agua, entre otros. (Eggleston, y otros 2006).

El aumento en la concentración de GEI en la atmósfera y su incidencia en el cambio climático, ha incrementado la necesidad de determinar cuáles son las fuentes

principales de emisión de dichos gases. Entre las fuentes más representativas se mencionan a los desechos orgánicos, no solo por sus elevados volúmenes de producción, sino debido a la falta de tecnologías para manejarlos durante su descomposición (Rojas 2014).

Las actividades industriales generan grandes cantidades de desechos, los mismos que son descargados directamente en fuentes hídricas o en los suelos más cercanos, afectando al medio ambiente y poniendo en riesgo a las poblaciones cercanas más vulnerables, así como contribuyendo en forma directa al calentamiento global por la emisión de GEI (Centro Español de Metrología 2013).

Un ejemplo de esta problemática industrial se observa en la producción de papel y cartón. En las papeleras se generan fracciones de residuos sólidos orgánicos de diversas tipologías, en función de la materia prima utilizada, los procesos específicos de cada fábrica y el producto final a comercializar. Según la empresa papelera Familia – Sancela (Cotopaxi), la producción de sus residuos sólidos llega a 40 toneladas diarias. La gestión, manejo y disposición de tal cantidad de materiales de desecho, implica un importante desafío tecnológico, logístico, administrativo y económico. Actualmente la industria papelera no alcanza a minimizar el problema, mucho menos a resolverlo.

Otra actividad que está ligada al bienestar de los seres humanos, pero que causa con sus procesos alteraciones en el medio ambiente, es la producción ganadera; la misma presenta emisiones de metano (CH_4) a partir de la fermentación entérica, así como emisiones de CH_4 y de óxido nitroso (N_2O) en los sistemas de gestión del estiércol del ganado. Las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol tienden a ser menores que las entéricas, y en este sentido las más significativas se asocian con operaciones de manejo de animales confinados, donde el estiércol es tratado por medio de sistemas basados en líquidos. Las emisiones de N_2O que resultan de la gestión del estiércol varían significativamente entre los tipos de sistemas de gestión usados; además, pueden provocar emisiones indirectas debido a otras formas de pérdida de nitrógeno del sistema (Dong, y otros 2006).

Es evidente que para prevenir el colapso de los procesos de producción y del propio planeta, no se puede proseguir con este ritmo de generación de desechos, debiendo reducirse su proliferación, o en último caso, propiciar su mitigación mediante el fomento de su reutilización y del reciclaje; pero no hay duda que tratar de eliminar

tanta cantidad de residuos ha provocado una problemática ambiental compleja que va creciendo (Elias Castell 2009) y que determina la necesidad acuciante de realizar investigaciones que generen metodologías para la mejor utilización de los residuos sólidos orgánicos y la mitigación de sus efectos en el medio.

A pesar de la identificación de los desechos como materiales generadores de gases de efecto invernadero durante su proceso de descomposición, no existe una determinación real de la cantidad de gases que cada uno de estos materiales produce, la precisión de este parámetro es fundamental si queremos llegar a desarrollar métodos de mitigación que nos ayuden a minimizar los efectos negativos de estos materiales en la atmósfera.

Es necesario mencionar el trabajo realizado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, a través del “Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador”² en el mismo se presenta el Inventario Nacional de gases de efecto invernadero (GEI) para el año de referencia 2010.

Tabla 1.1
Resumen del total de emisiones y absorciones del INGEI 2010

Sectores	Gg de CO ₂ -eq	%
(1) Energía	35 812,52	44,49
(2) Procesos industriales	2 659,25	3,30
(3) Utilización de disolventes y otros productos	NE	NE
(4) Agricultura	14 515,94	18,03
(5) USCUSS*	24 171,11	30,02
(6) Residuos	3 345,41	4,16
Total	80 504,23	100

Fuente: Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador

² Informe presentado en el mes de septiembre de 2016

Según este documento, en Ecuador las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) alcanzan las 80.504,23 Gg de CO₂eq; el primer lugar lo ocupa el sector Energético con 44,49% de emisiones, seguido por el sector USCUS³ con 30,02%, en tercer lugar el sector agrícola que genera 18,03% de emisiones (14.515,94 Gg CO₂eq); al final se mencionan a los sectores de Residuos con 4.16 % y a Procesos Industriales con el 3,30% (MAE 2016).

Tomando en cuenta los elementos expuestos, en primera instancia, el presente trabajo está encaminado a estimar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que son factibles de lograr a través de un proceso direccionado de descomposición aeróbica (compostaje) de los residuos de la industria papelera y las excretas de bovinos, de manera conjunta. Además los resultados totales de la investigación realizada, serán compartidos con los productores, agrícolas y ganaderos, que se encuentran ubicados en zonas aledañas a la empresa “Familia” ubicada en la provincia de Cotopaxi, no sólo por la cercanía en la consecución de los materiales residuales de la empresa papelera, sino por la necesidad de recuperar la fertilidad de los suelos de la provincia.

Según el último Censo Nacional Agropecuario, de las 610.800 hectáreas que tiene la provincia de Cotopaxi, alrededor de 77.127 hectáreas están cultivadas con especies perenes; 63.906 hectáreas con pastos cultivados y 73.889 con pastos naturales y se menciona de manera representativa la producción de brócoli de exportación, actividad que coloca a Cotopaxi como el más alto productor con 63.386 Tm durante el año 2016 (85,44 % de la producción nacional). En el área ganadera, esta provincia cuenta con 221.960 cabezas de ganado, entre machos y hembras (ESPAC 2016).

Cotopaxi se caracteriza por tener suelos de origen volcánico, de textura arcillo-limosa y limosa-arenosa, hay presencia de acides en los suelos (Reyes 2004), es por esto que toda la actividad agropecuaria de la provincia tiene dentro de sus labores, realizar de manera continua encalados o enmiendas del pH. Esta labor podría realizarse con gran éxito, utilizando el humus producido con los desechos orgánicos de la industria papelera, por los altos contenidos de Ca que presenta este material.

³ Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura

1.3 Justificación de la pertinencia y/o relevancia del tema

El cambio climático se produce por la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo que conlleva afectaciones en el medio ambiente provocando el aumento de temperatura en el planeta Tierra. Aproximadamente desde los años 50, esta variación de la temperatura es inequívoca; los cambios observados no tienen comparación desde hace décadas y hasta milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, la cantidad de hielo polar y los glaciares han disminuido, el nivel del mar ha subido y aumenta la acidificación del océano (IPCC 2014). Las emisiones de gases de efecto antropogénico han crecido desde la época pre-industrial; en gran medida se visualiza la necesidad urgente de iniciar un cambio, pero el mismo debe estar basado en el conocimiento y eso solo es posible a través de la investigación y la determinación de parámetros reales, que conduzcan a la generación de proyectos de adaptación y mitigación.

El Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, en el objetivo 7, busca garantizar los derechos de la naturaleza promoviendo la sostenibilidad ambiental territorial y global; se basa en la transformación productiva con la aplicación de un modelo ecoeficiente, con mayor valor económico, social y ambiental. Se plantea, de manera prioritaria, la conservación y el uso sostenible del patrimonio natural y sus recursos, además la consideración de tecnologías ambientales limpias así como la mitigación y control de la contaminación en los procesos productivos y un consumo y post consumo sustentable; todo lo dicho concuerda con la finalidad de implementación de medidas de mitigación encaminadas a la reducción de gases de efecto invernadero.

Se debe mencionar que dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por las Naciones Unidas, el número 13 indica la necesidad de adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, por su gran incidencia e impactos en la economía de los países y en el diario vivir del ser humano.

Con la finalidad de disminuir la variación del clima, es de gran importancia encontrar medidas y estrategias de mitigación frente al cambio climático. Uno de los puntos que se debe tomar en cuenta para lograr este objetivo es la necesidad de contar con información básica de los gases que se generan en los diferentes sectores y actividades productivas, para luego canalizar esfuerzos y buscar métodos de cambio y

control.

Los residuos que se producen dentro de la industria del papel, se caracterizan por poseer una cantidad representativa de materia orgánica, y características físico-químicas especiales, esto valoriza el material y lo hace apto para el reciclaje.

Actualmente y en la mayoría de países, los vertederos y rellenos sanitarios son los destinos finales de los residuos de la industria papelera lo que determina la pérdida de un material susceptible de reciclaje, aumentando la problemática ambiental en estos reductos, no solo por las altísimas cantidades en que se producen, sino por la generación de gases de efecto invernadero (CH_4).

Entre los posibles destinos de reciclaje para los residuos de la industria papelera, destacan la industria ladrillera y cementera, así como la elaboración de compostaje o el esparcimiento de los residuos en tierras agrícolas como abono natural (ASPAPPEL, Memoria de Sostenibilidad 2015).

En general, los lodos de las fábricas de papel son ricos en nutrientes y en materia orgánica biodegradable y su aplicación puede tener efectos positivos adicionales sobre el suelo (carbonato cálcico como agente neutralizante de suelos ácidos, la retención de humedad por parte de fibras y sobre suelos secos con bajo contenido en nitrógeno). Cabe anotar que las elevadas concentraciones de carbono orgánico, estimulan la actividad de la flora microbiana y de este modo, la mineralización de la materia orgánica. El bajo contenido en nitrógeno de los lodos papeleros favorece la asimilación por los microorganismos del que se encuentra en el suelo para su crecimiento y reproducción, incorporándolo a la materia orgánica. Esto permitiría reducir la lixiviación de nitratos en los meses de invierno (ASPAPPEL 2008).

En cuanto a la actividad ganadera, el estiércol del ganado se presenta como un subproducto; está constituido por la excreta animal, material de cama, agua de lavado, desperdicio del alimento, y residuo del pelaje del animal. Estos materiales manejados adecuadamente, con tratamientos y técnicas apropiadas, pueden constituirse en un recurso valioso pues contiene todos los micro y macro elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. Su aplicación en las tierras de cultivo aumenta la materia orgánica del suelo mejorando propiedades como la estructura, la capacidad de retención de agua, el contenido de oxígeno; además reduce la erosión del suelo, la lixiviación de nutrientes y aumenta los contenidos de nitrógeno y fósforo, lo que al final permite

incrementar el rendimiento de los cultivos (Iglesias 2014).

Los materiales resultantes del reciclaje de los desechos de la producción pecuaria, se constituyen en una alternativa a la utilización de fertilizantes sintéticos, los mismos que requieren para su fabricación grandes cantidades de energía, tienen altos costos de producción y a la vez generan una gran cantidad de gases de efecto invernadero que potencializan el cambio climático.

Por otro lado se debe mencionar que al hablar de desechos debemos asociar estos a los diferentes procedimientos de acondicionamiento, reducción, reutilización, reciclado y disposición final de los mismos. Esto se puede dar mediante el uso de técnicas de transformación entre las que se menciona constantemente el compostaje, proceso que consiste en crear un nuevo producto que será utilizado para mejorar las características físicas, químicas y biológicas del capital suelo (Guevara, Jesús; García, Adelfa; De Loera, Yasmín 2012).

Tomando en cuenta los elementos expuestos en los párrafos que anteceden, el tema planteado en la presente tesis es pertinente debido al interés de estimar la cantidad de gases de efecto invernadero que se generan en el proceso de descomposición de los materiales de desecho originados en la industria papelería y en las actividades productivas del ganado bovino, frente a la posibilidad de reducir dichas emisiones a través de un proceso controlado de descomposición aeróbica denominado compostaje. Esta información servirá de base a futuro en la planificación de propuestas de mitigación y adaptación, utilizando estos materiales como abonos orgánicos, los cuales al tiempo que solventan las necesidades de fertilidad de los suelos, convierten a estos en sumideros de carbono.

1.4 Objetivo general

- Determinar el potencial de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante descomposición aeróbica de residuos industriales en mezcla con residuos pecuarios.

1.5 Objetivos específicos

- Identificar las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los desechos generados en la industria papelera (celulosa) y pecuaria (estiércol).
- Identificar las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del proceso de compostaje de estos desechos.
- Realizar una comparación entre las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la descomposición natural de los residuos de la industria papelera y pecuaria versus la transformación de estos materiales a través de un proceso dirigido y controlado (compostaje).

Capítulo segundo

Situación Actual, identificación y descripción de los parámetros en estudio

2.1 Generalidades

En el ámbito mundial, las actividades antropogénicas han causado y van a seguir causando una pérdida en la biodiversidad debido a diferentes cambios, así: contaminación, degradación y cambios en el uso y la cubierta de los suelos; contaminación y degradación del agua, contaminación del aire; desvío de las aguas hacia ecosistemas intensamente gestionados, sistemas urbanos, etc. (Cruz 2012).

Todas las actividades desarrolladas por el hombre no solo generan elementos necesarios para su buen vivir, dentro de los procesos siempre están presentes materiales de desecho que de manera general se constituyen en un serio problema pues su almacenamiento, disposición o eliminación, se realiza normalmente de manera empírica, originando elementos contaminantes que van en detrimento del ambiente.

La problemática del manejo de desechos va en aumento debido al crecimiento poblacional y la globalización que conlleva a que prevalezca una cultura consumista, inconsciente del manejo de estos materiales. Como afirma (Eche 2013) “la recuperación, reutilización y/o transformación de los residuos en insumos útiles es una de las opciones más viables para ayudar a disminuir la problemática ambiental de cada sector”.

Para evitar la incidencia negativa de los desechos y proteger de manera eficaz el medio ambiente se requiere evitar o prevenir la contaminación a través de la conjugación de materiales, procesos o prácticas que minimicen los residuos. De tal manera, la gestión adecuada de los desechos mediante reducción, reciclaje, reúso, reprocesamiento, transformación y vertido debe convertirse en una prioridad para nuestra sociedad (Bustos 2009).

Dentro de estos materiales, los desechos orgánicos se constituyen en generadores de una contaminación de gran impacto ambiental no solo por las características y resultados de su descomposición, sino por las grandes cantidades en que son generados; sus fuentes son de origen doméstico, industrial, agrícola y ganadero (Rojas 2014).

El proceso de descomposición de los elementos orgánicos, sin direccionamiento técnico y de manera desordenada, da como resultado una incidencia altísima de contaminación en el aire, agua y suelo, así:

- **Efectos de los desechos en el aire**

La descomposición anaeróbica de los desechos en rellenos sanitarios provoca la generación de gases de efecto invernadero como el metano (CH_4); este resulta de la acción de bacterias metanogénicas sobre los materiales orgánicos presentes en los mismos.

El óxido nitroso (N_2O) resulta de la quema y putrefacción de la basura orgánica y se denuncia su presencia en los procesos de descomposición natural de los desechos orgánicos animales como el estiércol.

El dióxido de carbono (CO_2) que se produce durante la descomposición y quema de los materiales orgánicos de desecho

- **Efecto de los desechos en el agua**

Al depositar residuos orgánicos en el agua, ésta atrae a un gran número de bacterias y protozoarios que se alimentan con esos desechos, la actividad aumenta su reproducción a gran escala y con ello crece exageradamente su población, en consecuencia consumen un mayor volumen del oxígeno disuelto en el agua, causando la muerte de peces al no tener estos el elemento indispensable para realizar el proceso respiratorio (Martínez y Fernández 2004).

Sin embargo las bacterias no se afectan, porque muchas especies pueden realizar la respiración sin la presencia de oxígeno, es decir, de forma anaerobia. Ese proceso conocido como fermentación, ocasiona que el agua se vuelva turbia, despidan olores fétidos por la presencia de ácido sulfhídrico y se genere metano (CH_4), originando como ya se dijo, la muerte de muchos peces que en la mayoría de ocasiones son de importancia económica para el hombre (Velayos 2015).

Las algas, por otra parte, también aprovechan la presencia de basura orgánica para aumentar su tasa de reproducción y se vuelven tan abundantes que impiden el desarrollo de otros seres vivos.

- **Efectos de los desechos en el suelo**

Los desechos y residuos materiales que van depositándose en la tierra, se descomponen y durante el proceso van modificando sus condiciones y originan cambios como la destrucción de la capa vegetal original, erosión, acumulación de metales pesados, etc., llegando inclusive a la extinción de especies (Martínez y Fernández 2004).

2.2 Industria papelera

La fabricación de papel tiene su origen en China, la actividad usaba como materia prima trapos, cáñamo, paja y hierbas; el proceso consistía en golpear los materiales contra morteros de piedra para separar la fibra original. Con el tiempo ganó terreno la mecanización. Entre los años 1844 y 1884 se desarrollaron los primeros métodos con máquinas continuas para la obtención de pasta de madera, obteniéndose así una fuente de fibra más abundante. Con estos cambios se inició la era moderna de la fabricación de pasta y de papel (Teschke y Demers 2008).

El consumo de grandes cantidades de recursos naturales como madera, agua y energía por la industria del papel y de la pasta de papel, da como resultado una alta contribución de esta industria a los problemas de contaminación del agua, aire y suelo; por este motivo ha sido sometida a una estrecha vigilancia en los últimos años. Uno de los temas más observados y comentados de esta industria, es su contribución a la altísima cantidad de residuos sólidos mundiales, con aproximadamente 150 millones de un total de 500 millones de toneladas anuales (Teschke y Demers 2008).

En la actualidad el consumo de papel a escala mundial se encuentra en un nivel récord y continuará creciendo, a pesar de la recesión de la economía mundial. De acuerdo a las estadísticas se estima que el consumo de papel se incrementará a 500 millones de toneladas para el 2025, lo que significa un crecimiento de alrededor del 1,6% anual. El consumo mundial de papel y cartón por persona varía según el país y la región, el promedio mundial por persona es de 47 kilogramos, en Latinoamérica alcanza los 55 kilogramos y en EEUU los 225 kilogramos por persona (PROECUADOR 2013).

La producción total de papel y cartón en América del Sur en el año 2013 fue de 14'493.000 toneladas y con respecto al año 2012, en el que se produjo 15'063.000 toneladas, se presentó un decrecimiento del 4,7 %. En Ecuador, se produjeron 240.000

toneladas de papel y cartón en el año 2013, manteniéndose constante en relación a la producción del año 2012 (PROECUADOR 2013).

La empresa española ASPAPEL indica, que la actividad genera alrededor de 1,45 millones de toneladas al año de residuos no peligrosos que se originan al producir 7,5 millones de toneladas de papel y reciclar más de 5,5 millones de toneladas de papel recuperado.

Según información proporcionada por Sancela-Familia, de manera general en el País las empresas papeleras trabajan con un 10% de pulpa virgen (importada) y 90% de papel reciclado.

El ciclo papelerero inicia en el bosque, el papel se fabrica con un recurso natural renovable que es la fibra de celulosa (pulpa) que proviene de la madera, este material sirve para la producción de un sinnúmero de productos papeleros (ASPAPEL 2015). El proceso se inicia con la partitura de las fibras de la madera y su transformación en pulpa, esta es hervida, blanqueada, estirada, aplanada y secada, formándose rollos de gran tamaño que serán cortados de acuerdo a los requerimientos de uso o impresión (Jim 2017).

Los estudios físico-químicos realizados con el lodo de destintado generado en el proceso de fabricación de papel prensa a partir de papel reciclado, indican que este material está formado por aproximadamente un 30% de celulosa, es un material de origen vegetal altamente poroso, y presentan sustancias de relleno como el caolín y la calcita, más un pequeño resto de compuestos orgánicos y metales pesados. Este lodo de destintado es un material hidrófilo, contiene en torno a 40% de agua, presenta un pH de aproximadamente 7,2 y tiene alrededor de un 25% de carbonato cálcico. Además, puede deshidratarse de forma reversible y su relación carbono/nitrógeno (C/N) es cercana a 40. Finalmente, contiene organismos vivos, bacterias y hongos con intensa actividad celulolítica. Sin embargo, la relación carbono/nitrógeno (C/N) que presenta este material es alta para su uso directo como acondicionador de suelos, por tanto para que su rendimiento sea óptimo hay que añadir al menos una fuente de nitrógeno hasta conseguir una relación óptima entre 25-30/1 (Madrid 2006).

Al igual que los lodos de destintado, y los lodos de fibras, los lodos de tratamiento de efluentes tienen un alto contenido en biomasa y nutrientes y pueden tener diferentes destinos como la generación de compost, la aplicación directa en actividades

agrícolas, la valorización energética, el uso como combustible derivado de residuo (combustible RDF - Refuse Derived Fuel), o ser utilizados como materia secundaria en determinadas industrias (ladrillera, cementera, cerámica, etc.) (ASPAPPEL 2015).

Gráfico 2.1

Desechos y lodos de fibras, de materiales de carga y estucado en las fábricas de papel



Fuente: (ASPAPPEL, Guía de gestión de residuos. Fabricas de pasta, papel y cartón 2008)

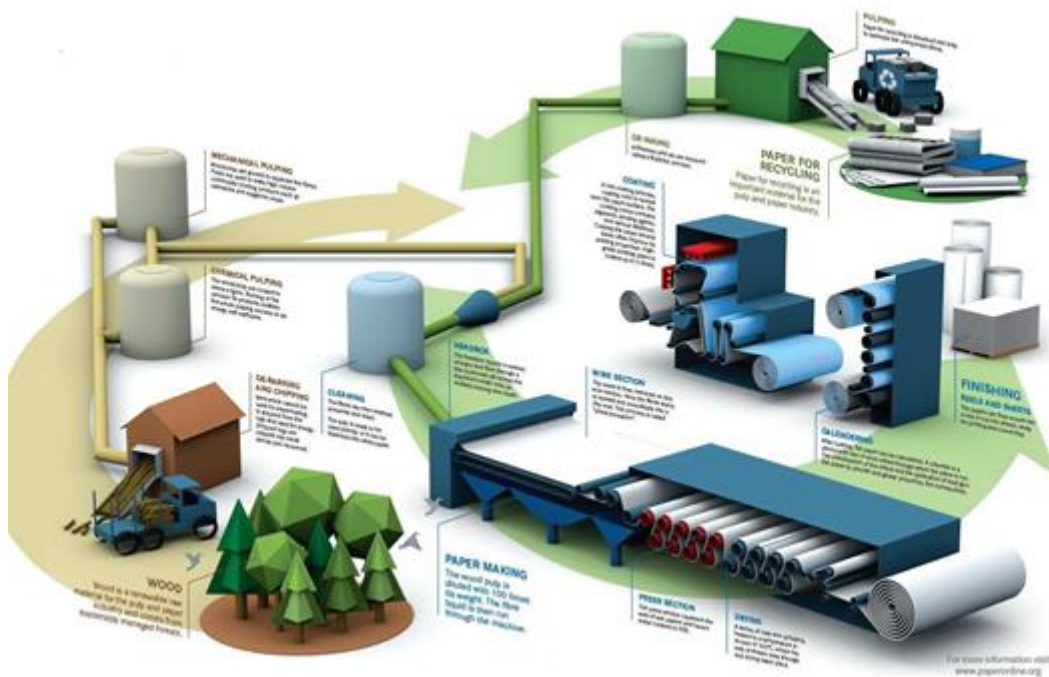
En las últimas décadas la industria papelera se ha visto supeditada a la utilización de papel reciclado, a tal punto que existen papeleras dependientes totalmente de este desecho. En la mayoría de países, este material es recuperado antes de que se mezcle con otros residuos domésticos y generalmente los recicladores realizan una separación por clases, por ejemplo papel mezclado, papel de calidad, papel prensa, cartón ondulado, etc.

Estos productos se reciclan varias veces en las fábricas papeleras, de igual forma algunos residuos se valorizan en diversas aplicaciones o se utilizan como combustible en la propia fábrica o en otras instalaciones industriales (ASPAPPEL 2015). Sin embargo se generan residuos que ya cumplen su vida útil, los cuales deben ser dispuestos de

manera correcta.

En el siguiente grafico se detalla un esquema del ciclo de la producción del papel.

Gráfico 2.2
Proceso de producción de Papel



Fuente: (Jim 2017) <http://www.brdisolutions.com/wp-content/uploads/papermaking.jpg>

El material descrito, puede utilizarse como estructurante en suelos que lo requieran para mejorar su aireación y drenaje, se lo aplica mediante adición, mezcla y volteo directamente sobre el suelo. También se lo puede utilizar en forma seca como sustrato seco para semillado y como soporte portador de semillas, esto porque el proceso de deshidratación-hidratación de este material es totalmente reversible, mientras hay ausencia de agua no se produce la germinación, pero un aporte de agua, además de hidratar el producto, lo convierte en reservorio temporal de agua e inicia y activa el proceso de germinación de las semillas (Madrid 2006).

(Ilyina y Sánchez 2002) Demostraron que los productos de desecho de la industria papelera pueden ser aplicados como vehículo de microorganismos. Los materiales mostraron mucha porosidad (65,19 %) y propiedades de amortiguación del

pH tanto en rangos ácidos como alcalinos. Las características mencionadas son de importancia para incorporar a los microorganismos y mantenerlos en estado viable durante la conservación y la propagación en los suelos.

2.3 Ganadería

La ganadería ha ido evolucionando a través de la adaptación de los animales a nuevos entornos y a la selección realizada por las comunidades. La historia indica que cabras y ovejas fueron las primeras especies en ser domesticadas. Posteriormente, hace unos 9.000 años aproximadamente se domesticó al cerdo, y hace unos 8.000 años en Turquía o en Macedonia, la vaca fue el último animal importante en ser domesticado. Probablemente sólo entonces se descubrió la utilidad nutritiva de la leche (Myers 2008).

Según la FAO, mencionado por (Gutierrez 2017), la actividad ganadera utiliza alrededor del 80 % del total de tierra agrícola para la producción de alimentos y pastizales para el ganado. Un tercio de todas las tierras cultivadas están ocupadas por cultivos forrajeros y los pastizales ocupan un 26 % de superficie terrestre, libre de hielo.

En Ecuador, el Sector Agropecuario ha ido variando en su representatividad dentro del Producto Interno Bruto, así, hasta el año 70 (previo al boom petrolero) la agricultura aportaba con el 30% al PIB; en los años 80 la representatividad de la agricultura en el PIB fluctuó entre el 16 y 19%, observándose un aumento en los años 90 con 21%. Para el siglo XXI hay una marcada declinación del sector agropecuario que pasa del 15,4% en el año 2000 a 8,9 en el 2013 (sin incluir a la silvicultura y extracción de madera y a la pesca); la tendencia decreciente no está relacionada con menores volúmenes, sino con un deterioro en las relaciones del sector con los otros sectores de la economía, pero de igual forma sigue siendo un sector importante para la generación de empleo (MAGAP 2016).

Con respecto a la utilización del suelo, en el Ecuador, el 47,88 % (2'332.698,09 ha) de las tierras dentro del sector rural son utilizadas para la producción de pastos. Según el estudio denominado “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua”⁴ (ESPAC 2016), en el País la cantidad de ganado vacuno por superficie es de 4.127.311 (representa el 59,76% del ganado total del Ecuador) siendo el de mayor

⁴ Realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

producción en relación a porcinos y ovinos. La región sierra lidera el sector pecuario vacuno con 2.042.144 cabezas (49,48%), la región costa presenta 1.731.772 (41,96%) y la región oriental 351.228 (8,51%). Según el (ESPAC 2016), en dicho año la región Sierra tuvo un crecimiento de 5,17%, mientras que, la Costa y el Oriente presentaron decrementos de 2,17% y 10,21% respectivamente. En cuanto a la producción de leche, la región Sierra aporta un 77,21% del total nacional, seguido de la Costa con el 17,96% y el Oriente con el 4,82%⁵.

Con respecto a la seguridad alimentaria, el sector agropecuario en el Ecuador desempeña un papel estratégico, debido a que proporciona la mayor parte de alimentos a una población que crece con una tasa anual del 1,45%. Para satisfacer esta demanda, la frontera agrícola se expande a una tasa de crecimiento promedio anual de 1,7% y el ganado vacuno al 2,2% (FAO/TCP/ECU/3102 2008).

En la actualidad algunas estimaciones apuntan que para el año 2050, la producción mundial de carne se duplicará, esto llevará a un incremento de 120 millones en el número de animales usados en la industria alimentaria por año. Esta predicción tiene una serie de implicaciones para los impactos crecientes que la ganadería industrializada tiene sobre la Tierra (GFC 2010), así, el aumento en la producción de metano que generaría la actividad debido al proceso digestivo de los animales, la deforestación para la expansión de pastizales y el cultivo de piensos (esto liberará grandes cantidades de CO₂ y provocará la extinción de especies vegetales y animales) y la contaminación por los residuos animales (FAO 2015).

Los efectos que los residuos ganaderos generan sobre la atmósfera están ligados a los componentes volátiles que emanan en los procesos de transformación de los componentes orgánicos de los cuales están formados. El origen de estos gases reside en la acción de determinados microorganismos anaerobios sobre las proteínas, los hidratos de carbono y las grasas, dando lugar a compuestos volátiles y a gases con un grado determinado de nocividad: irritantes (NH₃ y H₂S) y asfixiantes (CH₄ y CO₂) (Rodríguez 2002).

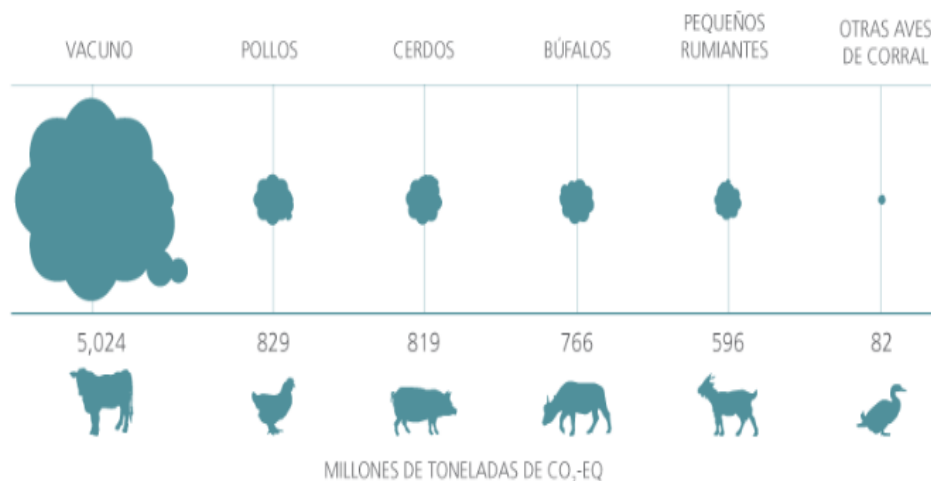
En el suelo la distribución excesiva de estiércol no estabilizado puede ocasionar una acumulación de nutrientes, alteración del pH, infiltración al subsuelo de nitratos, contaminación microbiológica, etc. Otro problema representativo y preocupante está

⁵ Según el MAE, la superficie que se destina a la producción agropecuaria en el País, ocupa el 27% del territorio nacional.

relacionado con la acumulación de metales pesados en las capas superficiales del suelo, particularmente por la presencia de sales de hierro y cobre (Navarro 1995).

La contaminación de aguas superficiales por las excretas bovinas no recicladas, se manifiesta por la presencia de amonio y sulfatos. El exceso de estos nutrientes favorece al crecimiento de algas en el agua, desencadenando un agotamiento del O₂ disuelto, favoreciendo la proliferación de larvas de insectos nocivos y en casos severos se provoca la eutrofización de los cuerpos de agua. Por su parte el amonio es tóxico para los peces y los invertebrados acuáticos (Pacheco, Sauri y Cabrera 1997).

Gráfico 2.3
Emisiones de gases de efecto invernadero según la especie



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2014.

De igual forma, se produce la contaminación de mantos acuíferos por la actividad ganadera bovina, debido a la presencia de sólidos suspendidos, coliformes y nitrógeno, sobre todo en suelos permeables (Navarro 1995).

2.4 Emisiones de gases de efecto invernadero y su contribución al calentamiento global.

El calentamiento global en el planeta es un hecho, los cambios que se observan no tienen antecedentes en los últimos milenios. Las concentraciones de gases de efecto invernadero están al alza, la temperatura ha subido tanto en la atmósfera como en el océano, y se acelera la elevación de los mares, así como la disminución de los volúmenes de nieve y hielo.

Según el (IPCC 2013), cada uno de los tres últimos decenios han sido progresivamente más cálidos en la superficie de la tierra, y en los dos últimos decenios los mantos de hielo de Groenlandia y de la Antártida han ido perdiendo masa y en el hemisferio norte el hielo Ártico sigue reduciéndose.

Tabla 2.1
Contribución de los principales Gases de Efecto Invernadero

GEI	Contribución	Fuentes	Tiempo en la atmósfera
CO ₂	63%	Emisiones por quema de combustibles fósiles, por la agricultura, por la deforestación	100 años
CH ₄	24%	Emisiones por la ganadería, rellenos sanitarios, gestión de desechos y agricultura (cultivo de arroz)	12 años
N ₂ O	10%	Naturales: producido en océanos, bosques lluviosos y desnitrificación del estiércol en los suelos. Antropogénicas: producción de nylon y ácido nítrico, agricultura – fertilizantes, fuentes fijas y móviles de combustión de materiales de origen fósil y quema de biomasa	114 años
O ₃ Atmosférico		Emisiones del transporte y de la industria	3 meses
Otros	3%	Varias fuentes	

Fuente: (McMichael, y otros 2003).

La contribución de los diferentes gases de efecto invernadero al calentamiento global depende de las actividades desarrolladas.

No sólo las temperaturas medias sino también otros aspectos del clima están cambiando a causa de la influencia humana, lo que ha contribuido no solo a la elevación del nivel del mar durante la segunda mitad del siglo XX, sino que probablemente también ha influido en el cambio de los patrones de viento, en la disminución del número de días y noches fríos y se presente un aumento del número de días y noches cálidos a escala mundial. A más de lo dicho se ha observado un incremento en el riesgo de olas de calor, y la presencia de episodios de fuertes precipitaciones. En las tres últimas décadas, el calentamiento de origen antrópico ha tenido influencia sobre los cambios observados en muchos sistemas físicos y biológicos. (PNUMA, MARM y GRID-Arendal 2009).

El forzamiento radiativo⁶ total es positivo y ha dado lugar a la absorción de energía por el sistema climático. La principal contribución al forzamiento radiativo total proviene del aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera que se viene produciendo desde 1750 (IPCC 2013). Los gases de efecto invernadero son comparados estimando el potencial que tiene cada uno para provocar calentamiento. Universalmente se utilizan factores llamados Potenciales de Calentamiento Global (GWP), estos sirven para convertir un gas de efecto invernadero en una cantidad de CO₂, así el CH₄ tiene un potencial de calentamiento global de 21, es decir que cada gramo de CH₄ se equipara o es equivalente a 21 gramos de CO₂ y cuando se trata del óxido nitroso (N₂O) el potencial de calentamiento es de 310.

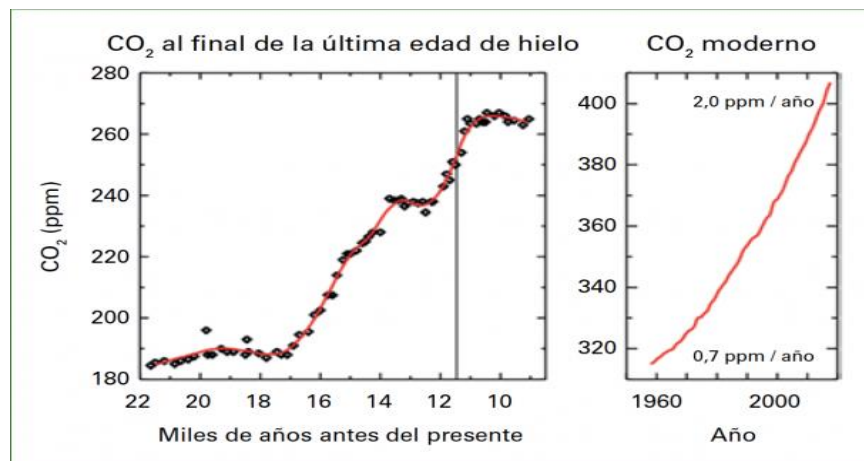
Según el Boletín de la OMM (Organización Meteorológica Mundial 2017) los cambios en la concentración de gases de efecto invernadero en los últimos 70 años, no tienen precedentes. La concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera aumentó a una velocidad récord en 2016, alcanzando el nivel más alto en 800 000 años; así, pasó de 400,00 partes por millón (ppm) en 2015 a 403,3 ppm en 2016. Esto representa, según el Boletín, un incremento de 145 % con respecto a los niveles preindustriales (antes de 1750) y ha dado lugar a un secuestro de energía por el sistema climático (IPCC 2014).

Gráfico 2.4

Diferencias en las concentraciones de dióxido de carbono

⁶ Según el IPCC el forzamiento radiativo es una perturbación externa impuesta al balance radiativo del sistema climático de la Tierra, que puede conducir a cambios en los parámetros climáticos.

Cambio en la radiación (calor) entrante o saliente del sistema climático.



Fuente: (Organización Meteorológica Mundial 2017)

La alteración del balance de energía del sistema climático, se ve afectada por los cambios en la abundancia de los GEI y los aerosoles atmosféricos, en la radiación solar y en las propiedades de la superficie de la tierra. Estos cambios se expresan en función del forzamiento radiactivo, el cual permite establecer cómo una variedad de factores humanos y naturales influye en el calentamiento o enfriamiento del clima global (Edenhofer, y otros 2015).

Gráfico 2.5 Emisiones de GEI por sector



Fuente: <http://www.ambiente.gob.ec/>⁷

⁷ Tercera Comunicación Nacional del Ecuador

Las emisiones de los GEI reflejadas en la Tercera Comunicación Nacional del Ecuador, están clasificadas de acuerdo al sector donde se generan, como se indica en el gráfico anterior.

La emisión continua de gases de efecto invernadero causará un mayor calentamiento y cambios duraderos en todos los componentes del sistema climático, lo que hará que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas. Para contener el cambio climático sería necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual junto con la adaptación, podría limitar los riesgos del cambio climático.

Con respecto a las emisiones de CH₄, se conoce que las principales fuentes de emisión corresponden a las categorías de desechos, energía y agricultura

2.5 Perspectiva general de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en el sector AFOLU⁸

La presente investigación está ligada directamente al sector AFOLU, pues no solamente estamos tratando de mitigar la problemática generada por un material de desecho resultante de una de las actividades agropecuarias más representativas como es la ganadería vacuna lechera, sino que también, se está proponiendo la utilización de estos materiales (luego de un proceso de descomposición dirigido) para la recuperación y mantenimiento de la fertilidad de suelos.

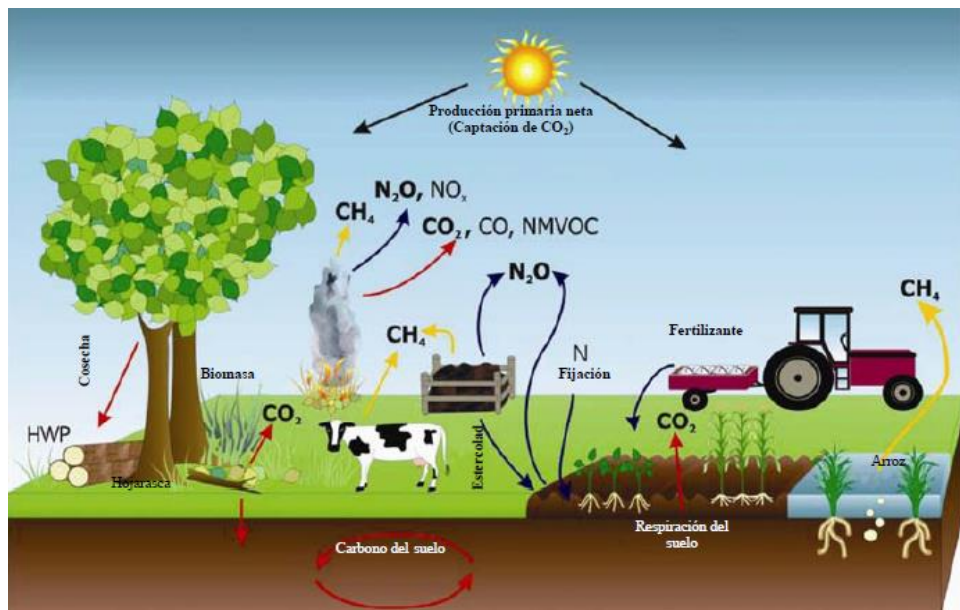
El sector agropecuario tiene desafíos constantes y su desarrollo y tecnificación están encaminados a erradicar el hambre, reducir la pobreza, incrementar la producción agrícola, y también proteger los ecosistemas aplicando estrategias de adaptación al cambio climático y a la mitigación del mismo.

Como fundamento científico, el uso y la gestión de la tierra tiene el predominio sobre una variedad de procesos del ecosistema, que perturban a los flujos de los GEI; así, la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación/desnitrificación, la fermentación entérica y la combustión. Estos procesos encierran transformaciones del

⁸ AFOLU (Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo).

nitrógeno y del carbono como producto de procesos biológicos generados por la actividad de microorganismos, plantas y animales; así como por procesos físicos como combustión, lixiviación y escurrimiento (Paustian, y otros 2006).

Gráfico 2.6
Principales fuentes de emisión/ absorción de GEI y procesos ecosistémicos gestionados



Fuente: (Paustian, y otros 2006)

Los GEI que son de mayor preocupación en el sector AFOLU son el CO₂, el N₂O y el CH₄. Los flujos de CO₂ entre la atmósfera y los ecosistemas se controlan principalmente por captación, mediante la fotosíntesis de las plantas, y por liberación, a través de la respiración, la descomposición y la combustión de materia orgánica. El N₂O es emitido como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación, a diferencia del CH₄ que se emite mediante metanogénesis en condiciones anaeróbicas, en suelos y depósitos de estiércol; por medio de la fermentación entérica, así como durante la combustión incompleta por el quemado de materia orgánica. Otros gases de interés (resultantes de la combustión y de los suelos) son el NO_x, el NH₃, el COVDM y el CO, porque son precursores de la formación de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Paustian, y otros 2006).

2.5.1 Procesos de emisión y absorción

Los flujos de GEI en el Sector AFOLU pueden estimarse de dos maneras:

- Como cambios netos en las existencias de Carbono, a medida que transcurre el tiempo (se emplea para la mayoría de los flujos de CO₂); y,
- Directamente como caudales de flujo de gas hacia y desde la atmósfera (se utilizan para estimar las emisiones de no-CO₂ y algunas emisiones y absorciones de CO₂).

De acuerdo a las guías para la elaboración de inventarios del IPCC 2006, este sector consta de los siguientes componentes: a) ganado vivo, b) suelo y c) fuentes agregadas y emisiones no-CO₂ del suelo. Para la presente investigación vamos a priorizar el primer componente.

2.5.2 Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol.

La actividad ganadera vacuna es una fuente importante de emisión de gases de efecto invernadero al producir metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O). El sector genera directamente, cerca de una cuarta parte de todas las emisiones de metano (CH₄), estas resultan de la fermentación del alimento en el tracto ruminal de los animales. Como ejemplo, en Argentina un animal adulto puede producir entre 60 y 126 kg de CH₄ por año, en cambio en California una vaca lechera puede generar entre 500 y 700 kg diarios de CH₄. Esta diferencia marcada se presenta por el tipo de alimento suministrado a los animales, en el primer caso la alimentación está basada en pasto y forrajes, y en el segundo los pastos son complementados con concentrados (Gutierrez 2017). En el Ecuador, se estima que el año 2016 se emitieron 219,20 Gg de CH₄, debido a los procesos digestivos de la fermentación entérica del ganado bovino⁹ (www.ecuadorencifras.gob.ec)

Otra fuente de CH₄ está presente en la descomposición del estiércol a través de medios no tecnificados; además, los sistemas de gestión del estiércol también son responsables de emisiones de óxido nitroso (N₂O), estos materiales pueden causar grandes problemas ambientales y a pesar de sus características y propiedades

⁹ La fermentación entérica produce 5.8 millones de toneladas de CO₂-eq/año (MAE 2013)

(contenidos de nutrientes, combustible y material de construcción), aún hoy no han sido considerados en el país como subproductos susceptibles de aprovechamiento.

Indirectamente, los procesos productivos pecuarios también generan gases de efecto invernadero en la producción de balanceados y en el cambio de uso de suelo de bosques a pastizales. Según Steinfeld et al., 2009 mencionado en el documento (FAO. Documento No. 177 2013), el sector genera alrededor de 7,1 Gt de CO₂-eq/año, de estos, 2,2 Gt CO₂-eq/año, provienen de la gestión del estiércol.

La ganadería de bovinos lecheros es una de las principales actividades productivas del sector andino en el país, y genera alrededor de 81.685 t año de estiércol. Las formas de manejo dadas a estos materiales hacen que se constituyan en un importante reservorio de contaminantes de mantos freáticos y del suelo al ocasionar un aumento en la concentración de nitratos (NNO₃). De igual forma, las decisiones de gestión tomadas en base al tratamiento y eliminación del estiércol, varían las emisiones de CH₄ y de N₂O que se forman durante la descomposición del estiércol como subproductos de la metanogénesis, de la nitrificación y desnitrificación, respectivamente. También las pérdidas por volatilización de NH₃ y NO_x de los sistemas de gestión del estiércol conducen a emisiones indirectas de GEI (Paustian, y otros 2006).

Esta realidad implica un enorme daño al ambiente, o desde otra perspectiva, una potencial industria novedosa y de gran aplicación, si se toma en cuenta que contienen una gran proporción de nutrientes ingeridos por el animal; pudiendo representar una fuente potencial de nutrientes disponibles para las plantas cuando son reciclados mediante el compostaje.

Los métodos para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O producidas por el ganado requieren definiciones de las subcategorías de ganado, las poblaciones anuales y, para los métodos de nivel superior, la ingesta y el tipo de alimento. La caracterización coordinada del ganado, asegura la coherencia entre las siguientes categorías fuentes:

- Emisiones de CH₄ resultantes de la fermentación entérica;
- Emisiones de CH₄ resultantes de la gestión del estiércol;
- Emisiones de N₂O resultantes de la gestión del estiércol (directas e indirectas);

- Emisiones de N_2O de suelos gestionados (directas e indirectas).

El término «estiércol» incluye no solamente la bosta y la orina (es decir, los sólidos y los líquidos) procedentes del ganado, a este material se suma el agua del lavado de los establos, el desperdicio del alimento y el residuo del pelaje de los animales. Se conoce que este material está cargado de nutrientes, pero su composición varía dependiendo de la especie animal, la alimentación suministrada, el sistema de manejo, consumo de agua, material utilizado como cama, etc.

Los principales factores que inciden en las emisiones de CH_4 son la cantidad de estiércol que se produce y la porción que se descompone anaeróbicamente, estas condiciones se dan más fácilmente cuando se gestionan grandes cantidades de animales en una superficie confinada y donde se elimina el estiércol en sistemas basados en líquidos. Se declaran las emisiones de CH_4 relacionadas con el manejo y el almacenamiento de estiércol bajo “Gestión del Estiércol”¹⁰ (Dong, y otros 2006).

La cantidad de estiércol depende de la tasa de producción de desechos por animal y de la cantidad de animales, mientras que la porción que se descompone anaeróbicamente depende de cómo se gestiona el estiércol. Cuando el estiércol se almacena o se procesa con altos contenidos de humedad, se descompone anaeróbicamente y puede producir una cantidad significativa de CH_4 . La temperatura y el tiempo de retención en la unidad de almacenamiento son dos factores que inciden significativamente en la cantidad de metano producida. Cuando el estiércol se maneja como sólido o cuando se lo deposita en pasturas y prados, tiende a descomponerse bajo condiciones más aeróbicas y se produce menos CH_4 (Dong, y otros 2006).

2.6 Perspectiva general de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector desechos.

Los residuos sólidos generados dentro de las actividades desarrolladas por el ser humano, evidencian un impacto directo sobre el ambiente, por este motivo es

¹⁰ Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

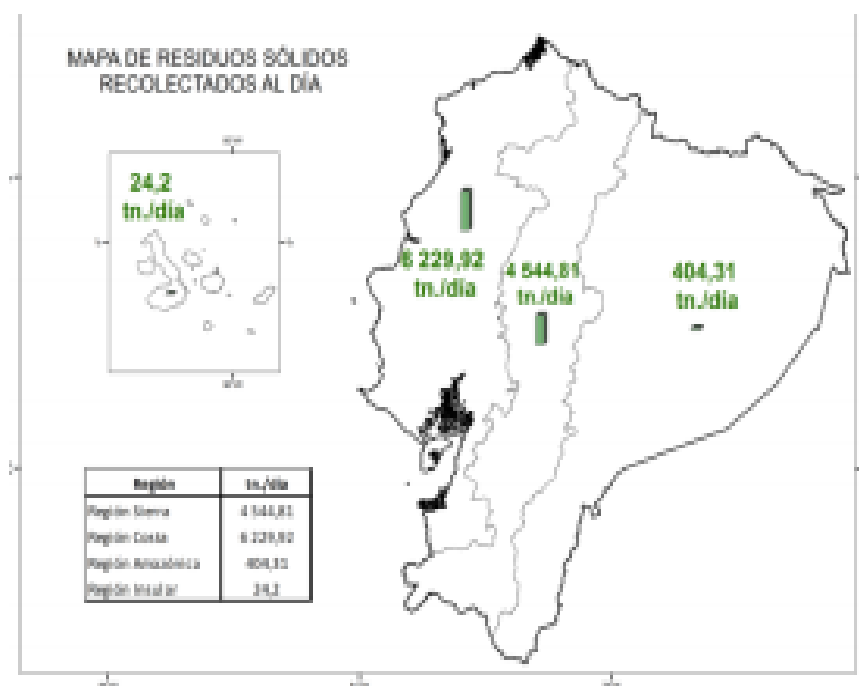
fundamental determinar un control sobre la disposición final y el aprovechamiento de los mismos.

Según (Bhada-Tata y Hoornweg 2012), para el año 2025 la cantidad de residuos sólidos a nivel mundial, alcanzará las 2.200 millones de toneladas por año, pasando de 1,2 a 1,42 kg por habitante. En América Latina y el Caribe, en el año 2012 se produjeron 437.545 Ton/día, esperándose una producción de 728.392 Ton/día para el año 2025.

En el Ecuador, el Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos determina que en el año 2014 se produjeron 4,06 millones de toneladas métricas de desechos, estimándose que para el año 2017 la producción será de 5,4 millones de toneladas métricas.

Gráfico 2.7

Mapa de residuos sólidos recolectados diariamente



Fuente: AME-INEC. 2014, Registro de Gestión Integral de Residuos Solidos

Según el INEC, los ecuatorianos en el sector urbano producen un promedio de 0,57 kg de residuos sólidos al día; del total de residuos que se generan, se ha

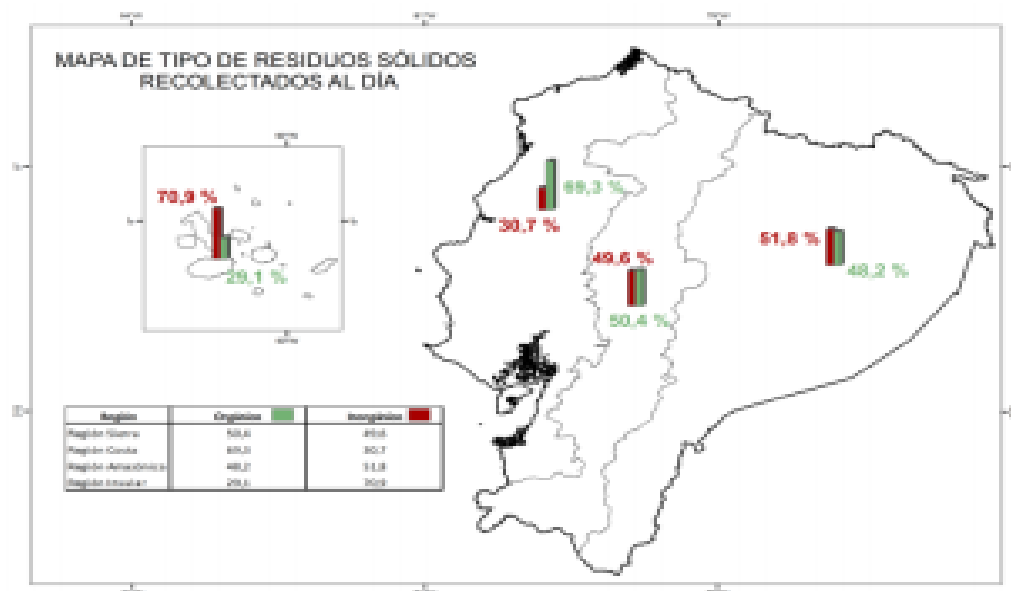
determinado que el 60 % corresponde a residuos orgánicos, los mismos que son susceptibles de ser reciclados para viabilizarlos como abonos orgánicos.

La estimación de GEI como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), originados en los desechos, provienen de las siguientes categorías:

- Eliminación de desechos sólidos
- Tratamiento biológico de los desechos sólidos
- Incineración e incineración abierta de desechos
- Tratamiento y eliminación de aguas residuales

Gráfico 2.8

Mapa de residuos sólidos, orgánicos e inorgánicos, recolectados diariamente



Fuente: AME-INEC. 2014, Registro de Gestión Integral de Residuos Sólidos

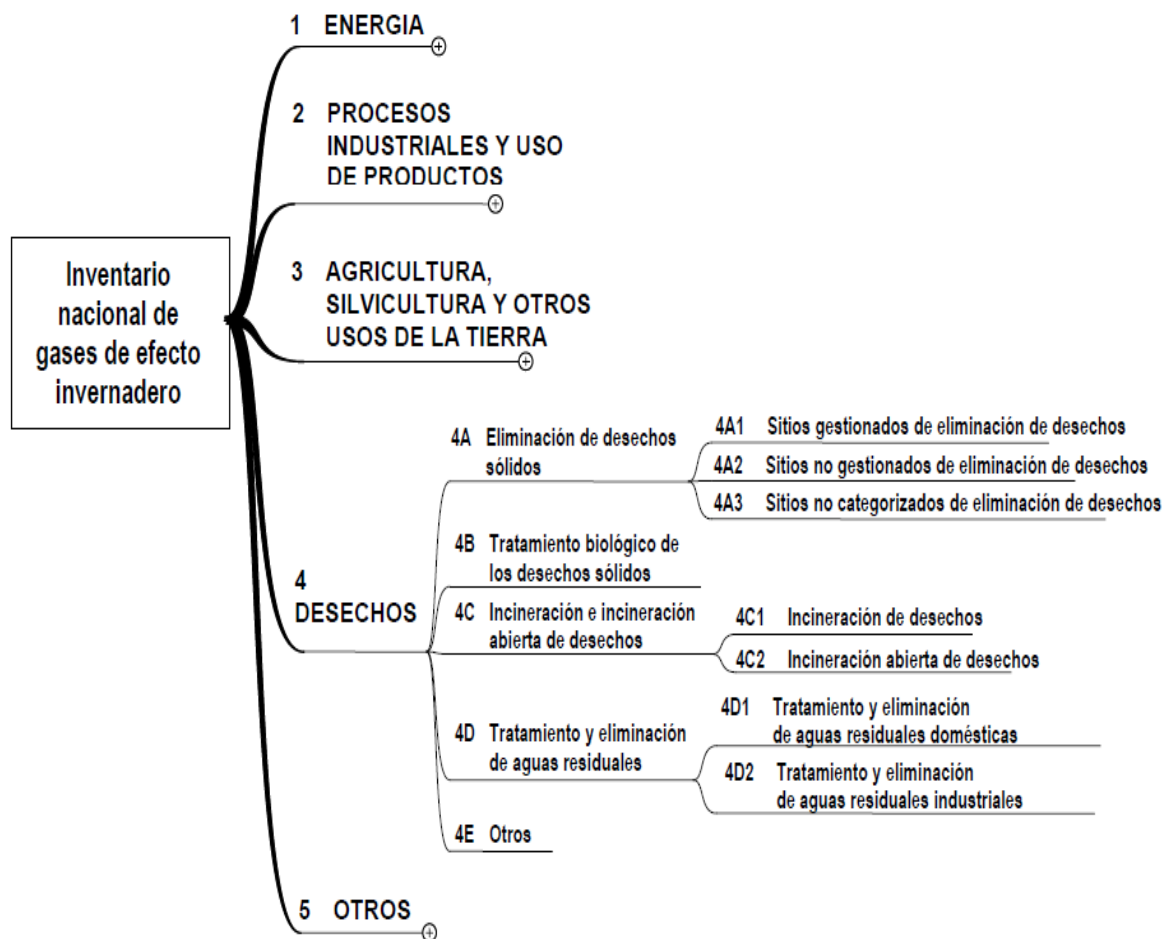
2.6.1 Emisiones resultantes de la generación de los desechos

Para la estimación de las emisiones de GEI provenientes de la eliminación de desechos sólidos o de su tratamiento, se recopilan datos que tienen relación con la actividad de la generación, composición y gestión de los desechos. Los índices de generación de los desechos sólidos y su composición se modifican de un país a otro, en

función de la situación económica, la estructura industrial, las reglamentaciones para eliminación de desechos, así como del estilo de vida (Pipatti y Manso 2016).

En el gráfico 2.9 se muestra la estructura de las categorías dentro del Sector Desechos y los códigos correspondientes a las categorías de acuerdo al IPCC (Pipatti y Manso 2016).

Gráfico 2.9
Estructura del sector desechos por categorías según el IPCC



Fuente: (Pipatti y Manso 2016)

Las estadísticas de generación y tratamiento de desechos han mejorado significativamente en la última década en varios países. Los desechos sólidos se generan en hogares, oficinas, tiendas, mercados, restaurantes, instituciones públicas,

instalaciones industriales, plantas de tratamiento de aguas y alcantarillado, obras en construcción y demolición o actividades agrícolas. Es importante tomar en cuenta que las prácticas de gestión de desechos sólidos incluyen: recolección, reciclado, eliminación de desechos sólidos en tierras, tratamientos biológicos y otros, así como la incineración abierta de los desechos (Pipatti y Manso 2016).

Según el Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador (MAE 2016), el 4,16% de los GEI que se generan en el sector Desechos corresponden a 3.335,41 Gg de CO₂eq, y el manejo de estiércol 381,80 Gg de CO₂eq, acotándose que este último dato no incluye los gases que generan las excretas procedentes del pastoreo directo, las cuales son consideradas en la categoría de Suelos Agrícolas.

La composición y generación de desechos industriales varía según el tipo de industria, procesos y/o el uso de diferentes tecnologías. Las cantidades de desechos orgánicos industriales son significativas en gran número de países; estos materiales tienen diferentes categorizaciones, no forman parte de las estadísticas de desechos generales y son manejados como una corriente específica.

Para los efectos de estimar las emisiones generadas por los desechos, se deberá considerar únicamente aquellos desechos que se supone contienen carbono orgánico disuelto y carbono fósil.

Existe una gran variedad de tecnologías disponibles para mitigar las emisiones de GEI en este sector. Estas tecnologías incluyen recuperación de metano en rellenos sanitarios, reciclamiento postconsumo que evita la generación de residuos, elaboración de composta (que evita o disminuye la generación de GEI), procesos que reducen la generación de GEI alternos a los rellenos sanitarios, como procesos térmicos que incluyen la incineración, cogeneración industrial, tratamiento mecánico-biológico y digestión anaerobia. Existen también tecnologías más avanzadas como la pirolisis y la gasificación.

2.6.2 Sistema de Compostaje de residuos orgánicos

El compostaje es una técnica de transformación de los residuos orgánicos en condiciones controladas. Este proceso es uno de los más utilizados para reciclar los desechos orgánicos, con miras a la formulación de compuestos estabilizados que son

utilizados en las actividades agropecuarias, para recuperar o mejorar las características físicas, químicas y biológicas de los suelos. Como afirman (Altamirano y Cabrera 2006): “el compostaje es una forma de tratamiento para los materiales orgánicos de desecho, que tiene como meta transformar estos residuos en un producto útil, aplicable a la tierra como abono para fertilizar las tierras de cultivo”.

Los materiales orgánicos compostados presentan ventajas superiores a los fertilizantes químicos, pues favorecen las condiciones para la vida microbiana y mejoran las estructuras físico-químicas de los suelos en los que se aplican; aportan elementos como la materia orgánica, oligoelementos, nutrientes, etc., fundamentales para recuperar, mantener e incrementa la fertilidad de los suelos, evitando la utilización de elementos químicos y produciendo alimentos limpios y nutritivos. A más de lo detallado, es importante indicar que a través de la aplicación de materiales compostados se logra evitar la utilización de fertilizantes químicos, lo que contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) originadas en su empleo y fabricación. Además el compost favorece la fijación de carbono orgánico al suelo, debido al aumento de la producción vegetal y los procesos fotosintéticos que contribuyen al reciclaje del CO₂ de la atmósfera.

Esta técnica induce al material orgánico de desecho dentro de un proceso natural y bioxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aerobios; estos requieren una humedad adecuada y condiciones de oxigenación constantes para descomponer los desechos, cambiando su forma orgánica (seres vivos), a formas inorgánicas (mineralización).

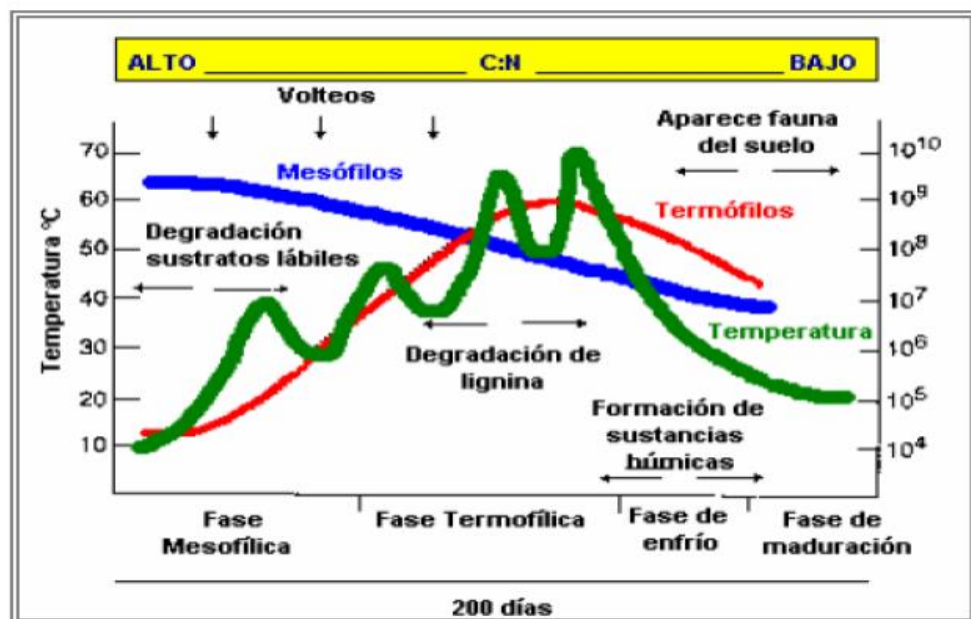
El material pasa por etapas mesofílicas, termofílicas y de maduración, recibiendo la acción degradativa de bacterias, hongos, actinomicetos, protozoarios, etc., lo que da como resultado final del proceso: dióxido de carbono, agua y minerales. Esta materia orgánica estable y libre de patógenos, puede disponerse dentro de la agricultura como un abono acondicionador de suelos, el cual presenta efectos positivos tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos, incremento en la densidad aparente, estabilización del pH, disminución de los cambios bruscos de temperatura, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos, eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana y degradación

de residuos de plaguicidas (Soto y Muñoz 2002). Además, los elementos mineralizados son utilizados por las plantas e inclusive por los mismos microorganismos como sustancias nutritivas.

Al ser el suelo un recurso no renovable, es decir que su pérdida y degradación no es recuperable, todas las bondades que brinda el compost como tal, son primordiales para preservar el suelo para las futuras generaciones (Torres s.f.); de todas maneras se debe tomar en cuenta la calidad del producto, y según (López 2004) esta calidad estará basada en la obtención de un material idóneo, aplicando tratamientos respetuosos con el medio ambiente y que estén acordes con una gestión racional de los residuos.

En el siguiente gráfico, se puede visualizar el proceso de compostaje, en relación a las fases que se presentan de acuerdo a la temperatura en función del tiempo.

Gráfico 2.10
Proceso de Compostaje



Fuente: (Jaramillo y Liliana 2008)

Capítulo tercero

3.1 Metodología

La metodología utilizada en el presente trabajo para la cuantificación de las emisiones del escenario de línea base, del escenario del proyecto y de la reducción de emisiones está inspirada en la metodología Alternative Waste Treatment Processes (ACM022), la misma que es utilizada para el diseño de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), relacionados con procesos alternativos (compostaje) para el tratamiento de desechos que originalmente están destinados a su disposición final en un relleno sanitario o en botaderos a cielo abierto.

Dado que se trata de un ejercicio académico y no de la elaboración de un Documento de Diseño de Proyecto (PDD por sus siglas en inglés) para el MDL, se realizan simplificaciones significativas en la metodología indicada y se asumen los siguientes supuestos:

- Para la determinación de las emisiones asociadas a los residuos de la actividad ganadera, se asumirá que el número de cabezas (71) de ganado lechero se mantendrá constante durante todo el periodo.
- Para la determinación de las emisiones asociadas a los residuos de la industria papelera, se asumirá que las 40 ton/día de celulosa de desecho serán transportadas al sitio de compostaje y esta cantidad no variará durante diez años¹¹.
- Para el proyecto se asumirán las cantidades de desecho en mezcla que se compostaron en el trabajo práctico realizado: 9.084,45 Kg de estiércol y 12.000 Kg de Celulosa (Residuo de Papel).

A través del uso de esta metodología simplificada se pretende realizar una primera aproximación general al potencial de reducción de emisiones de GEI que genera esta iniciativa, y que trae co-beneficios como el aprovechamiento de los residuos pecuarios e industriales para beneficio de actividades agrícolas y la promoción de la utilización de este tipo de actividades para aumentar el contenido de materia orgánica en

¹¹ Se asume que la cantidad del material de desecho generado en la Empresa Sancela-Familia, no variará durante los 10 años de proyección de este estudio.

los suelos, transformándolos en sumideros de carbono. A través de este proyecto se trata de promover también la búsqueda y aplicación de nuevas tecnologías para el reciclaje, aprovechamiento y mitigación de los efectos negativos de los residuos orgánicos.

3.2 Descripción del Proyecto

Ubicación

El proyecto de campo que respalda la presente investigación se lo realizó en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria – IASA 1, de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE.

Ubicación de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria-IASA 1

- Provincia: Pichincha
- Cantón: Rumiñahui
- Parroquia: San Fernando
- Localidad: Hacienda “El Prado”

Gráfico 3.1

Laboratorio de Campo de la Cátedra de Agricultura Orgánica



Fuente: (Quezada 2016)

Ubicación geográfica y ecológica de la Hacienda “El Prado”

- Longitud: 78°24'44''W
- Latitud: 0°23'20''S

- Altitud: 2748 msnm
- Zona de vida: 10 (bh-M) Bosque Húmedo Montano
- Temperatura media: 12,82 °C
- Precipitación: 1728 mm año⁻¹
- Humedad relativa: 65.54 %

La Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE, en la Cátedra Agricultura Orgánica, mantiene un Laboratorio Académico de Campo, en el cual se desarrolla el Proyecto de Abonos Orgánicos y Lombricultura, que está encaminado a reciclar los desechos orgánicos que se generan en el predio de la Carrera. Dentro de esta instalación se cumple también lo estipulado en el artículo 8, literal f de la Ley Orgánica de Educación Superior:

“Fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional”

Basados en este precepto que rige a las Instituciones de Educación Superior, en el año 2015 la empresa papelera Familia-Sancela solicita a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, realizar pruebas de reciclaje de los desechos de celulosa generados en la fábrica, con el objeto de dar uso a los mismos. Este trabajo se realizaría en las instalaciones del Laboratorio de Campo de Agricultura Orgánica, área de abonos de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria-IASA 1.

La investigación estuvo direccionada a determinar la viabilidad de reciclar los desechos de la industria papelera y los desechos de la actividad ganadera (en mezcla), para minimizar los efectos negativos de la descomposición natural de estos elementos en el ambiente; aprovechar las características físicas y químicas de estos materiales y a obtener un abono orgánico de calidad. Este material se recicló a través de un proceso de descomposición aeróbica denominado compostaje, el cual es benéfico no solo por la aceleración en el proceso degradativo, sino porque a través de este sistema se aspira a minimizar la generación de gases metanogénicos.

El ciclo experimental se inició con pruebas caseras de descomposición del material proporcionado por la empresa mencionada; estas pruebas dieron la pauta de

que el material tenía un alto poder higroscópico¹², por lo que se planificó utilizarlo como cama en el establo de rejo de bovinos con la intención de recuperar el estiércol y la orina (nitrógeno) de los animales que ingresaban a este recinto en los periodos de ordeño. La mezcla de estos materiales orgánicos presentaba las proporciones adecuadas (relación C:N/35:1) e ideales para que se desarrollasen microorganismos descomponedores.

El establo, perteneciente a la zona de ganadería bovina de la hacienda El Prado tiene una superficie de 414,87 m²; el área utilizada para facilitar la demarcación de la zona de experimentación fue de 184,38 m². En esta área se dispersaron 12 toneladas métricas de desecho de celulosa. Una vez que el piso del establo fue cubierto con este material actuó como una cama atrapando los desechos líquidos y sólidos (estiércol y micciones) de 71 vacas, más los restos de la comida y balanceado suministrado a los animales.

Fotografía 1

Tendido del desecho de la industria papelera (celulosa) en el establo



La experimentación se realizó en la época de verano, en condiciones pluviométricas bajas, el número de animales que se mantuvo en la zona experimental (71 animales pertenecientes al rejo) fue constante; además durante los 30 días que duró esta fase de recolección, las 71 vacas tuvieron las mismas condiciones alimenticias tanto en suplementos como en pastizales. La mitad de material se mantuvo como cama

¹² El desecho de papel tiene la capacidad física de adsorber el agua o la humedad que le circunda

durante 15 días, y la mitad restante se mantuvo por 15 días más, ósea se mantuvo como cama durante 30 días. Se realizaron tres repeticiones del proceso.

Fotografía 2

Animales en la zona de recolección, antes del ordeño



Fotografía 3

Animales en zona de recolección, después del ordeño



Los parámetros de campo tomados en cuenta para el control del proceso fueron la temperatura, humedad y pH; en el laboratorio se determinaron los contenidos iniciales y finales de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, relación C/N,

potencial hidrógeno y posteriormente se añadió el contenido de calcio¹³ presente en la mezcla compostada.

En la tabla 3.1 se observan las fechas de iniciación y finalización del proceso de compostaje en las repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 3.1
Fechas de inicio y final del proceso de compostaje en los tratamientos

TRATAMIENTOS		REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2	REPETICIÓN 3
Tratamiento 1	Inicio	17 agosto 2015	17 agosto 2015	17 agosto 2015
	Fin	17 octubre 2015	15 octubre 2015	17 octubre 2015
Tratamiento 2	Inicio	31 agosto 2015	31 agosto 2015	31 agosto 2015
	Fin	4 noviembre 2015	27 octubre 2015	27 octubre 2015

Fotografía 4

La cama de residuo de papel se enriqueció con el estiércol, orina y restos de comida



¹³ Se añadió el análisis del Ca en las muestras, debido a la riqueza de los residuos de la industria papelera en este elemento, y la influencia del mismo en la producción agropecuaria.

Fotografía 5

Los animales contribuyeron a la descomposición física con el pisoteo



Fotografía 6

El material es retirado del establo



Fotografía 7

Retiró del material



Al final del periodo de recolección en el establo, el material se trasladó al patio de descomposición; en el mismo se armaron las camas y se llevó a efecto el proceso de compostaje, controlando constantemente los parámetros de temperatura, humedad, pH y realizando las labores de aireación y riego requeridos para mantener la continuidad del proceso, evitando que este se corte por enfriamiento (exceso de aireaciones) o por falta de humedad.

Fotografía 8

Formación de camas dentro del proceso de compostaje



Fotografía 9

Aireación de camas



Fotografía 10

Material en proceso de descomposición



Los análisis de laboratorio, que se muestran en los anexos, se realizaron al inicio del proceso de compostaje (cuando se formaron los montículos) y al finalizar el mismo, cuando cada cama de tratamiento presentó los parámetros de pH y temperatura estabilizados (sin variación en el transcurso de una semana). Estos análisis se realizaron en el Laboratorio CORPLABEC S.A.

Los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio determinaron la idoneidad de este material para ser utilizado como un abono orgánico de características particulares y deseables para elevar los parámetros de fertilidad del suelo.

A partir de esta primera experimentación, la mezcla de celulosa con estiércol ha continuado siendo evaluada dentro de varias investigaciones que han dado como resultado cualidades insospechadas en el material primario (se detallan y se adjuntan fotografías de algunas de ellas).

En la investigación realizada por (Quezada 2016) se utilizó el compost que resultó de la investigación que respalda el presente trabajo. El material continuó con su proceso de transformación a través del trabajo de las lombrices en la actividad de lombricultura, dando como resultado un humus de excelente calidad en el aspecto químico.

Fotografía 11

Obtención de humus a partir del compost de papel + estiércol



Fuente: (Quezada 2016)

A pesar de los excelentes resultados obtenidos en la utilización de este material en aspectos productivos (las fotos de investigaciones en producción de hortalizas y ornamentales se presentan mas adelante), sus características físicas no están acordes al requerimiento del mercado pues su coloración blanquesina no es la deseada por la comunidad; normalmente el humus que se comercializa tiene coloraciones pardo-negruscas.

Otra particularidad que se pudo observar en la investigación de (Quezada 2016) fue un incremento en la presencia de lombrices en los tratamientos que contenían el compost formado con celulosa y estiércol; esto dió la pauta de la idoneidad del material como sustrato reproductivo por lo que se planteó una investigación para determinar la influencia del compost de papel + estiércol, en el crecimiento y reproducción de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* (Hualpa 2016), obteniéndose excelentes resultados, no solo en el crecimiento de las lombrices, sino en su aspecto reproductivo por la mayor cantidad de cápsulas y número de individuos dentro de ellas, como se indica en las siguientes fotografías:

Fotografía 12

Influencia del compost de desecho de papel + estiércol en el crecimiento de *Eisenia foetida*



Fotografía 13

El compost de la mezcla de papel y estiércol, incrementó la reproducción, el peso y tamaño de la lombriz *E. foetida*



Fotografía 14

Aplicación del compost en plantas ornamentales



Fotografía 15

Se determinó mayor crecimiento y floración.



Fotografía 16

Aplicación del humus en hortalizas



Fotografía 17.

El desarrollo de las plantas fue mayor con el compost de papel más estiércol



Fotografía 18

Se observó mayor desarrollo radicular



Fotografía 19

Las plantas fueron más resistentes a plagas y enfermedades



Fotografía 20

Aplicación del humus en hortalizas



En vista de los excelentes resultados obtenidos en las diferentes aplicaciones del compost resultante de la mezcla y tratamiento de los desechos de la industria papelera con los desechos de la actividad bovina de leche (estiércol), se planteó la necesidad de determinar la influencia de contaminación ambiental de estos dos materiales de desecho sin tratamiento vs. el manejo y producción de un abono orgánico, a través del proceso de compostaje.

3.3 Cálculo de Emisiones de GEI

En el presente acápite se realiza una cuantificación aproximada de la reducción de emisiones del proyecto utilizando la metodología descrita, mediante: a) el establecimiento de la línea base o escenario sin proyecto, b) el cálculo de las emisiones propias del proyecto, y c) la reducción de emisiones por la diferencia del escenario de línea base y el escenario con proyecto. Como se mencionó anteriormente, al no tratarse del desarrollo de un documento de proyecto para el Mecanismo de Desarrollo Limpio, el cálculo de la reducción de emisiones se realiza en base a simplificaciones de la metodología Alternative Waste Treatment Processes (ACM0022).

La información de los datos de actividad para el proyecto se la obtuvo de las siguientes fuentes:

- Residuos de la industria papelera: Compañía Familia Sancela S.A
- Residuos de la actividad ganadera: Dpto. de Ciencias de la Vida, Facultad de Ciencias Agropecuarias–IASA 1, Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE.

3.3.1 Emisiones de línea base

Para la identificación del escenario de línea base se utiliza el enfoque 2 propuesto en la metodología ACM0022; este asume que la disposición de los residuos agrícolas y del proceso de papel se realiza en los botaderos más cercanos. Los límites del proyecto incluyen dichos botaderos/escombreras y la instalación donde se realiza el compostaje. Las fuentes de emisión que se considera en el escenario de línea base corresponden al metano resultante de la descomposición de los desechos en los

botaderos/escombreras. La línea base corresponde a la determinación de las emisiones de GEI en los escenarios actuales de la disposición de los desechos generados por la industria papelera y ganadera.

Se utilizan factores por defecto del IPCC en lo que corresponde a una metodología TIER 1. Sin embargo, en el cálculo se realiza una aproximación a un sitio de disposición de desechos sólidos con una temperatura promedio anual de 19 °C, precipitación promedio anual de 1000 mm (MAP) y evapotranspiración potencial de 900 (PET), lo que da una relación MAP/PET de 1,11 que es aproximada a las condiciones del relleno sanitario del Inga; es decir, aplica a un sitio de disposición final con esas condiciones ambientales (sierra).

La fracción de carbono orgánico degradable, según resultados del análisis de laboratorio de las muestras del residuo industrial (tabla 3.2) es de 0,25.

El factor de corrección por incertidumbre es de 0,9 y su utilización se sugiere en la herramienta “Emisiones de sitios de disposición de desechos sólidos”.

Para la fracción de metano capturado, se asume que en el escenario de línea base, no se captura metano ni tampoco se lo quema, por tanto este valor es igual a cero: $f_y=0$.

La ecuación utilizada para determinar las emisiones en el escenario de línea base corresponde a la simplificación de la ecuación (1) de la metodología indicada:

$$BE_y = \sum_t (BE_{CH_4,t,y} + BE_{WW,y})$$

Donde:

BE_y = Emisiones de línea base en el año y (t CO₂e)

$BE_{CH_4,t,y}$ = Emisiones de línea base de metano en vertederos de eliminación de residuos sólidos en el año y (t CO₂e)

$BE_{WW,y}$ = Emisiones de línea base de metano a partir de tratamiento anaerobio de las aguas residuales en lagunas anaerobias abiertas o de los lodos en fosas, en ausencia de la actividad del proyecto en el año y (t CO₂e).

3.3.1.1 Emisiones de los residuos de la industria papelera

Los residuos de la industria papelera muestran la siguiente composición:

Tabla 3.2
Composición del residuo de la industria de Papel

Parámetro	Metodología de Referencia	Unidad	Valor
Materia Orgánica	WALKLEY BLACK, 1934	%	55,6
Carbono Orgánico	WALKLEY BLACK, 1934	%	24,9

Fuente: Laboratorio CORPLAB

El cálculo de emisiones se lo realiza utilizando la herramienta metodológica “Emisiones de sitios de disposición de desechos sólidos” referida por la metodología ACM0022. En una aproximación muy general, se considera que todo el residuo producido corresponde a la categoría de residuos de papel y cartón. El cálculo se lo realiza con la disposición de 40 ton/día de residuos de la industria papelería en el vertedero más cercano.

Acorde a la herramienta indicada, el cálculo de las emisiones de metano en el escenario de línea base generadas en un sitio de disposición final durante un periodo de tiempo que finaliza en el año y se lo realiza fundamentándose en la siguiente ecuación:

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = \varphi_y * (1 - f_y) * GWP_{CH_4} * (1 - OX) * \frac{16}{12} * F * DOC_{f,y} * MCF_y$$

$$* \sum_{x=1}^y \sum_j (W_{j,x} * DOC_j * e^{-kj(y-x)} * (1 - e^{-kj}))$$

Donde:

$BE_{CH_4,SWDS,y}$ = Emisiones de línea base que ocurren en el año y generadas por la disposición de residuos sólidos durante un periodo de tiempo que finaliza en el año y (tCO₂e/año).

x = Número de años en el periodo de tiempo en el cual se disponen residuos sólidos en el sitio de disposición final, extendiéndose desde el primer año ($x=1$) hasta el año y ($x=y$).

y = Año del periodo de acreditación para el cual se calculan las emisiones de metano (y corresponde a un periodo consecutivo de 12 meses).

$DOC_{f,y}$ = Fracción de carbono orgánico degradable que se descompone bajo las condiciones específicas del sitio de disposición final en el año y (fracción de peso).

$W_{j,x}$ = Cantidad de desechos sólidos tipo j depositados en el sitio de disposición final en el año x.

ϕ_y = Factor de corrección del modelo por incertidumbres en el año y.

f_y = Fracción de metano capturado en el sitio de disposición final y quemado o utilizado de otra manera que prevenga la emisión de metano a la atmósfera en el año y.

GWP_{CH_4} = Potencial de calentamiento global del metano.

OX = Factor de oxidación que refleja la cantidad de metano que se oxida en el suelo o en el material que cubre los desechos.

F = Fracción de metano en el gas del sitio de disposición final (fracción de volumen).

MCF_y = Factor de corrección del metano para el año y.

DOC_j = Fracción de carbono orgánico degradable en el tipo de desecho j (fracción de peso).

k = Tasa de decaimiento para el tipo de desecho j.

j = Tipo de desecho sólido.

Los factores de esta ecuación fueron sistematizados en una hoja de cálculo, donde se mantienen los valores del factor de corrección del modelo, la fracción de metano del gas, la fracción de carbono orgánico degradable, el factor de oxidación y el factor de corrección del metano. Adicionalmente, se puede definir el tiempo de retardo entre la disposición de los desechos en el relleno y el inicio de la generación de CH_4 , lo que representa el tiempo que se requiere para que se genere una cantidad representativa de CH_4 a partir de los desechos.

Los resultados de la aplicación de dicha herramienta para un periodo de 10 años, considerando al 2017 como año inicial, se muestran a continuación:

Tabla 3.3

Cálculo de Dióxido de Carbono equivalente, en un periodo de 10 años a partir del residuo de papel

<u>Año</u>	BE_{CH4} (t CO_{2eq})
2017	6.311,6
2018	6.908,2
2019	7.470,1
2020	7.999,2
2021	8.497,5
2022	8.966,8
2023	9.408,8
2024	9.825,1
2025	10.217,1
2026	10.586,2
TOTAL	86.190,6

Elaborado por: Racines A. 2017

3.3.1.2 Emisiones de los residuos de la actividad ganadera

En el escenario de línea base se asume que tanto el estiércol como la orina del ganado son enviados a piscinas de lodos, las cuales emiten metano como resultado del proceso de descomposición. La cantidad de CH₄ generada se la calcula mediante la siguiente ecuación:

$$BE_{ww,y} = CH_{4\text{ estiercol}} \times 21 \times 10$$

Donde:

BE_{ww,y} = Emisiones de línea base de metano, a partir del tratamiento anaerobio de las aguas residuales en lagunas anaerobias abiertas o de los lodos en fosas, en ausencia de la actividad del proyecto en el año y (t CO_{2e})

CH₄ estiércol = emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg CH₄/año

Para determinar el metano del estiércol se aplica:

$$CH_{4\text{ estiércol}} = \sum_T \frac{(EF_{(T)} \times N_{(T)})}{10^6}$$

Donde:

$CH_{4\text{ estiércol}}$ = emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg CH₄/año

$EF_{(T)}$ = Factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza-1 año-1.

$N_{(T)}$ = La cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

T = Especie/categoría de ganado

Para resolver la ecuación se toman algunos parámetros de las guías del IPCC para elaboración de inventarios de GEI en el sector AFOLU, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3.4
Datos de las Guías del IPCC para el sector AFOLU

<u>Parámetro</u>	<u>Valor</u>	<u>Observación</u>
EF	90,78 (Kg CH ₄ /animal año)	Ecuación 10.23 de las guías del IPCC. Capítulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. Volumen 4. AFOLU
N	71	Número de cabezas de ganado del rejo del IASA I
Tipo de Ganado	Vaca	N/A

<u>Parámetro</u>	<u>Valor</u>	<u>Observación</u>
	lechera	
Sistema de Manejo de Estiércol (MCF)	Corral de Engorde (Hristov 2013) y Pastura	N/A

Fuente: Guías del IPCC – 2006

Aplicando estos valores en la ecuación indicada, se obtiene el siguiente resultado:

$$BE_{WW,y} = 135,35 \text{ Ton } CO_{2eq}$$

De esta manera se obtienen las emisiones correspondientes para un periodo de 10 años, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3.5
Calculo de Dióxido de Carbono equivalente, para un periodo de 10 años a partir del estiércol

Año	Ton CO2eq
2017	135,35
2018	135,35
2019	135,35
2020	135,35
2021	135,35
2022	135,35
2023	135,35

Año	Ton CO2eq
2024	135,35
2025	135,35
2026	135,35
TOTAL	1.353,50

Elaborado por: Racines A. 2017

3.4 Emisiones del proyecto

A continuación se realiza la estimación de las emisiones de GEI correspondientes al proceso de compostaje de los residuos industriales y ganaderos.

El cálculo de emisiones en el escenario del proyecto se lo obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$PE_{CH_4,y} = Q_y \times EF_{CH_4,y} \times GWP_{CH_4}$$

Donde:

PE_{CH4/y} = Proyección de emisiones de metano del proceso de compostaje en el año y (t CO₂ e/año)

GWP_{CH4} = Potencial de calentamiento global del metano para el período de establecido (t CO₂e/t CH₄)

Q_y = Cantidad de desecho compostado en un año y

EF_{CH4,y} = Factor de emisión de metano por tonelada de disco compostado valido para el año y.

Para esta ecuación se utilizan los siguientes datos:

Tabla 3.6
Datos para la ecuación

Parámetro	Valor	Justificación
Q_y	8.033,08	Se toma en cuenta las cantidades de la mezcla de compostaje.
$EF_{CH_4,y}$	0,002	Factores de emisión por defecto para las emisiones de CH_4 y N_2O procedentes del tratamiento biológico de los desechos. Factores de emisión de CH_4 (g de CH_4 /kg. de desechos tratados) Sobre la base de peso en seco.
GWP_{CH_4}	21	Potencial de Calentamiento Global del Metano en la Atmosfera

Elaborado por: Racines A. 2017

$$PE_{CH_4,y} = 337,4 \text{ Ton CO}_2 \text{ eq}$$

De esta manera se obtienen las emisiones producidas en la aplicación del proceso de compostaje, para un periodo de 10 años.

Tabla 3.7

Calculo de Dióxido de Carbono equivalente, para un periodo de 10 años a partir de la aplicación del compostaje

Año	Ton CO ₂ eq
2017	337,4
2018	337,4
2019	337,4
2020	337,4
2021	337,4
2022	337,4
2023	337,4
2024	337,4

Año	Ton CO2eq
2025	337,4
2026	337,4
TOTAL	3.373,9

Elaborado por: Racines A. 2017

3.5 Reducción de emisiones

Tabla 3.8
Tabla comparativa

	Escenario de Línea Base		Escenario con proyecto	Reducción de emisiones
AÑO	Residuo de Papel tCO₂e (A)	Estiércol tCO₂e tCO₂e (B)	Compostaje tCO₂eq (C)	tCO₂e A+B-C
2017	6.311,6	135,35	337,4	6.109,5
2018	6.908,2	135,35	337,4	6.706,1
2019	7.470,1	135,35	337,4	7.268,0
2020	7.999,2	135,35	337,4	7.797,1
2021	8.497,5	135,35	337,4	8.295,4
2022	8.966,8	135,35	337,4	8.764,7
2023	9.408,8	135,35	337,4	9.206,7
2024	9.825,1	135,35	337,4	9.623,0
2025	10.217,1	135,35	337,4	10.015,0
2026	10.586,2	135,35	337,4	10.384,1
Total	86.190,6	1.353,5	3.373,9	84.170,2

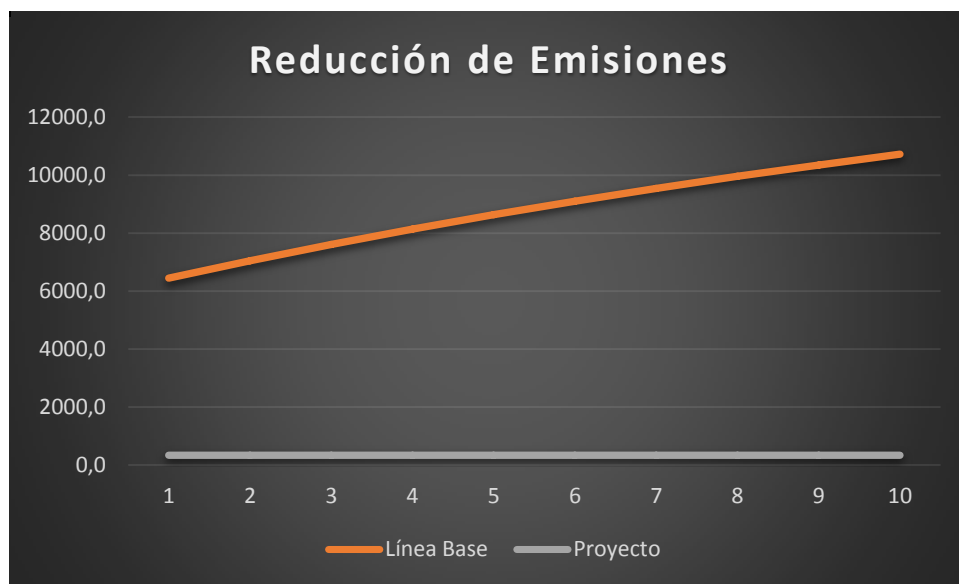
Elaborado por: Racines A. 2017

En la tabla anterior se puede observar una comparación de los valores:

La reducción de emisiones de GEI estimada, corresponde a la diferencia de las emisiones de la línea base menos las emisiones del proyecto. La comparación corresponde a la cuantificación de GEI a partir de los residuos de la industria papelera y pecuaria versus la cuantificación de las emisiones de compostaje de la mezcla de estos residuos, haciendo una ecuación de diferencia.

Como resultado se obtiene una reducción preliminar, bajo los supuestos indicados, de 84.170,2 t CO₂e para un periodo de 10 años.

Gráfico 3.2
Emisiones de CO₂ e, en los escenarios proyecto compostaje y línea base,
proyectados a 10 años a partir de 2017



Elaborado por: Racines A. 2017

Se puede observar que la reducción de emisiones ocurre principalmente, porque el proyecto de compostaje evita que los residuos de celulosa lleguen al sitio actual de disposición final, lo que determina la eliminación de la fuente generadora de metano que resulta de la descomposición anaeróbica. Por otro lado, el proceso de compostaje tiene emisiones muy bajas comparadas con aquellas generadas en la línea base, lo que da como resultado una disminución altamente representativa de las emisiones.

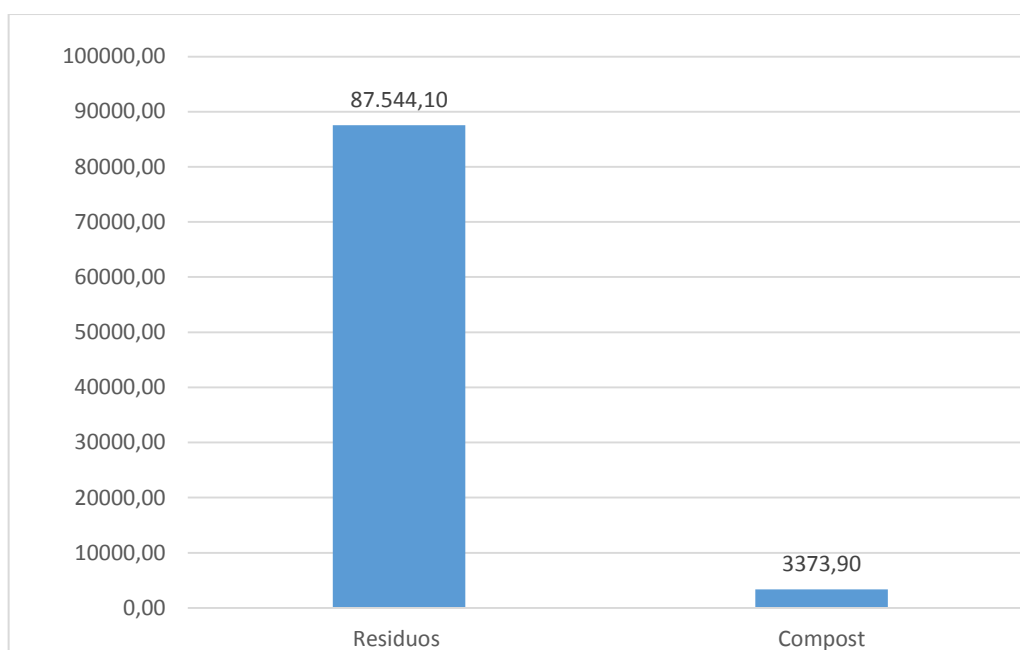
Tabla 3.9
Resultados

Gas	Ton CO ₂ eq
Residuos	87.544,1
Compost	3.373,90

Elaborado por: Racines A. 2017

Gráfico 3.3

Diferencia en la producción de CO₂ e en la línea base y en el proyecto de compostaje



Elaborado por: Adriana Racines, 2017

En el gráfico se observa la marcada disminución de CO₂ en el proyecto de compostaje vs. la línea base.

Capítulo cuarto

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Los desechos orgánicos sólidos generados en las diferentes actividades antrópicas representan fuentes de emisiones de GEI que pueden ser mitigadas, si se realiza la gestión de los mismos.
- En el presente trabajo se ha logrado demostrar que la cantidad de residuos generados por la industria papelera y la actividad ganadera, tienen un alto potencial de contaminación, no sólo por el efecto de los elementos químicos presentes en su constitución, sino también, por la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se generan en los métodos de eliminación y descomposición tradicionales. Es necesario trabajar en procesos de investigación encaminados a la mitigación de estos impactos.
- De acuerdo a la metodología ACM0022, se identificaron las emisiones de gases de efecto invernadero anuales provenientes de los desechos generados en la industria papelera (celulosa) y pecuaria (estiércol), con valores 6.311,6 TonCO_{2eq} y 135,35 TonCO_{2eq} respectivamente.
- De acuerdo a la metodología ACM0022, se identificaron las emisiones de gases de efecto invernadero anuales provenientes del tratamiento de compostaje de estos residuos con un valor de 337,4 TonCO_{2eq}.
- Mediante la utilización de estas herramientas metodológicas, se logró realizar una proyección estimada de las emisiones a 10 años (hasta el 2026), a partir de la sumatoria de los residuos de la industria del papel por un lado, y de la actividad ganadera bovina de leche por otro, obteniéndose 86.190,6 TonCO_{2eq} y 1.353,5 TonCO_{2eq}, respectivamente; así como las emisiones generadas durante la descomposición de estos dos materiales a través del tratamiento de compostaje, proceso que dio como resultado la generación de 3.373,9 TonCO_{2eq}.
- Con los resultados obtenidos y luego de las correspondientes comparaciones, se ha logrado estimar, bajo los supuestos indicados, una reducción de 84.170,2 TonCO_{2eq},

durante un período de 10 años, lo que determina la importancia de realizar la gestión adecuada de los residuos, por medio de tratamientos que permiten la disminución de contaminantes y evitan o disminuyen la generación de emisiones de gases de efecto invernadero.

- Los tratamientos biológicos como el compostaje suponen una alternativa de gestión para los residuos sólidos orgánicos. Estos procesos dan como resultado no solo una reducción del volumen de estos materiales, sino que a más de reducir la incidencia negativa sobre el medio ambiente (generación de gases de efecto invernadero, eutrofización de fuentes hídricas, contaminación de suelos, etc.), generan como productos finales materiales de alto valor económico como los abonos orgánicos, los cuales al ser aplicados al suelo permiten recuperar su fertilidad, producir alimentos limpios, e inclusive secuestrar carbono en los suelos.

4.2 Recomendaciones

- Las sociedades actuales están conscientes que es necesario disponer de una gran cantidad de alternativas para realizar el reciclaje de los desechos generados tanto en las ciudades como en las áreas rurales; pero para que las entidades implicadas en esta labor puedan realizar una adecuada planificación y tratamiento, y para poder tomar las decisiones pertinentes, es necesario contar con información basada en investigaciones que determinen la problemática que presentan los materiales de desecho, su volumen, su ubicación, etc.
- Es necesario la creación, aplicación y sociabilización de leyes y normativas para que los generadores de desechos en todos los ámbitos, puedan realizar procesos de manejo y reciclaje, pero para esto es necesario tener información de la contaminación y de la gestión que actualmente se da a estos materiales, tomando en cuenta que una gestión no adecuada puede representar mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Con respecto al presente trabajo, si bien es cierto, se observa la disminución en la generación de gases de efecto invernadero en la descomposición de los materiales de desecho de la actividad pecuaria en mezcla con los desechos de la industria papelera, a través del compostaje, se recomendaría continuar promoviendo la

realización de proyectos de investigación, direccionados a diversificar los usos que se pueden dar a los residuos de celulosa; esto es imprescindible si se toman en cuenta las grandes cantidades generadas de este material de desecho y los altos índices de gases de efecto invernadero que se originan por su descomposición en rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto.

- En lo referente a los desechos de la actividad ganadera, es necesario concientizar a los involucrados, sobre la importancia de reciclar estos materiales no solo por la agresividad de los mismos para contaminar el suelo, el agua y el aire, sino por la riqueza y bondad de productos que se pueden originar con su transformación, a través de la aplicación de técnicas biológicas de reciclaje.
- Se recomienda planificar la sociabilización de los resultados obtenidos en el reciclaje de los desechos de la industria papelera en mezcla con los desechos de la actividad ganadera, en las comunidades aledañas a la empresa papelera Familia Sancela en la provincia de Cotopaxi, para que se incentive a la población agropecuaria, la utilización de los abonos orgánicos obtenidos después del proceso de compostaje de estos residuos.

Referencias Bibliográficas

- Altamirano, María, y Carlos Cabrera. «Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual.» Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG 9, No17, 2006.
- ASPAPEL. «Guía de gestión de residuos. Fabricas de pasta, papel y cartón.» 2008.
- ASPAPEL. «Memoria de Sostenibilidad.» Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón, 2015.
- Bhada-Tata, Perinaz, y Daniel A. Hoornweg. «What a waste? : a global review of solid waste management .» 2012.
- Bicego, Franco O. «Huella de Carbono: Una herramienta para el control de emisión de gases de efecto invernadero.» Grupo de Investigación en Simulación para Ingeniería Química -GISIQ , Cordoba, 2014.
- Bustos, Carlos. «La problemática de los desechos sólidos.» Economía , 2009.
- Castro, Edwin. «Manejo de los residuos generados por el proceso de eviscerado de especies hidro biológicas, y su impacto al medio ambiente, durante el período 2013, en el sector de Playita Mia del Cantón de Manta.» 2014.
- Centro Español de Metrología. «Informe de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en 2013.» Centro Español de Metrología (CEM), 2013: 3.
- Ciro, Sanchez, y Sampedro Maria. «Programa de Educación Ambiental para incidir en la actitud del manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de estudiantes del nivel medio superior .» Revista Iberoamericana de Educación. ISSN: 1681-5653 , 2003.
- Cruz, Victor. «Cambio Climático y Biodiversidad.» IPCC, 2012.
- Dong, Hongmin, y otros. «Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de los gases de efecto invernadero. Volumen 4 AFOLU. Capitulo 10 Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol.» IPCC, 2006: 5-91.
- Eche, Froilan. Elaboración de compost, utilizando desechos orgánicos del Centro de Faenamiento de Julio Andrade. Tulcán-Ecuador: Universidad Politécnica Estatal de Carchi, 2013.
- Edenhofer, Ottmar, y otros. «Cambio climático 2014. Mitigación del Cambio Climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Resumen para responsables de políticas.» IPCC, 2015: 6-35.

- Eggleston, Simon, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, y Kiyoto Tanabe. «Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5 Desechos.» IPCC, 2006.
- Elias Castell, Xavier. "Reciclaje de residuos industriales: residuos sólidos, urbanos y fangos de depuradora". Barcelona: Ediciones Díaz de Santos, 2009.
- FAO. <http://www.fao.org/animal-production/es/>. 2015.
- FAO. Producción y sanidad animal. Documento No. 177. «Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera- Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO2.» Roma, 2013.
- FAO/TCP/ECU/3102, Proyecto. «Plan de Fortalecimiento del Sistema Estadístico Agropecuario Ecuador.» Quito, 2008.
- GFC. «Agricultura Industrial, Gandería y Cambio Climático. Impactos globales de una industria insostenible sobre la sociedad, la cultura, la ecología y la ética.» 2010: 4-10.
- Guevara, Jesús; García, Adelfa; De Loera, Yasmín. «Gestión ambiental.» Red Porcina Iberoamericana, 2012: 1 - 19.
- Gutierrez, Francisco, Rene Alcoser, Gabriel Macias, Arnulfo Portilla y José Espinosa. «Omisión de nutrientes y dosis de nitrógeno en la acumulación de biomasa, composición bromatológica y eficiencia de uso de nitrógeno de raigrás diploide perenne (*Lolium perenne*).» Siembra, 2017.
- Hristov, A.N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., Yang, W.,. Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera – Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO2. Roma: Editado por Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson y Harinder P.S. Makkar. Producción y Sanidad Animal FAO Documento No. 177. FAO, 2013.
- Hristov, A.N., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J. & Oosting, S. Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera – Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO2. Roma: Editado por Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson y Harinder P.S. Makkar. Producción y Sanidad Animal FAO Documento No. 177. FAO, 2013.
- Hualpa, Henry. «Influencia de los desechos de la industria papelera (Celulosa) combinados con sustrato base sobre el crecimiento y reproducción de la lombriz Roja californiana (*Eisenia foetida*).» IASA I, 2016.
- Iglesias, Luis. El estiércol y las prácticas respetuosas con el medio ambiente. Madrid, 2014.

- Ilyina, A., y J.A.V. & Rodríguez, J. Sánchez. «Aprovechamiento del residuo de la industria papelera como vehiculo de microorganismos en tareas de biorremediación .» Revista internacional de contaminación ambiental 18, 2002: 81-90.
- INEC. «Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2016.» Quito, 2016.
- INEC. Encuestas de superficie y producción agropecuaria continúa. quito: Dirección de Estadísticas Agropecuarias Ambientales, 2013.
- Instituto, Nacional de Estadísticas y Censos. «ESPAC.» 2016.
- IPCC. “Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático. EEUU: Cambridge University Press, 2013.
- IPCC. Cambio Climático 2014, Informe Síntesis. Suiza: Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IE5)., 2014.
- Jaramillo, Gladys, y Zapata Liliana. «Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia.» Universidad de Antioquis. Facultad de Ingeniería. Posgrados de Ambiental. Especialización en Gestión Ambiental , 2008.
- Jim, S. «What is the paper converting industry?» BRDI solutions.com Industrial Products a Manufacture Blog, 2017.
- López, M. & Soliva M. «Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso.» Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, 2004.
- Lorente, Alberto. «Ganadería y Cambio Climático: Una influencia recíproca.» Universidad de Alicante. España , 2010: 3-15.
- Madrid, U.P.d. «Residuos de la industria papelera para acondicionar suelos.» MADRIMASD, 2006.
- MAE. «Primer Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.» Quito, Ecuador, 2016.
- MAGAP. «La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025.» Relacionamiento del Sistema Productivo, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Quito, 2016, 482.
- Marquez, Frank, y Freddy Pucuna. «Análisis de los desechos sólidos y líquidos que generan lavadoras de automoviles y su incidencia en el medio ambiente en el Cantón Milagro.» Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Febrero 2015.

- Martinez, Julia. «Tecnologías para la mitigación de gases de efecto invernadero del sector residuos .» Programa de Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología - SEMARNAT, 2012.
- Martínez, Julia, y Adrian Fernández. «Cambio Climático: una visión desde México.» 2004.
- McMichael, A, D Campbell, C Corvalán, K Ebi, A Githeko, y A Woodward. «Climate change and human health: Risks and responses.» World Health Organization - Geneva, 2003.
- Myers, Melvin. «Gnadería y Cría de Animales. Sector basado en recursos biológicos.» Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo , 2008: 5-15.
- Navarro, Pedreño. «Residuos orgánicos y agricultura.» 1995.
- Organización Meteorológica Mundial. «Boletín de la OMM sobre los gases de efecto invernadero.» 2017.
- Pacheco, A., Ma. R. Sauri, y A. Cabrera. «Impacto de la porcicultura en el medio ambiente.» Revista académica de la facultad de ingeniería de Yucatan-México, 1997: 53-58.
- Paustian, Keith, y otros. «Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4 AFOLU. Capítulo 1 Introducción.» IPCC, 2006: 1-25.
- Pipatti, Riitta, y Sonia Manso. «Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5 Desechos. Capítulo 1 Introducción.» IPCC, 2016: 1-6.
- PNUMA, MARM, y GRID-Arendal. «El clima en peligro. Una guía fácil del Cuarto informe del IPCC.» 2009.
- Ponce, Sergio Iván. «La relación del Cambio Climático y los gases de efecto invernadero con la ganadería.» Ganaderos A de Cv. XLI, nº 3 (Mayo 2016).
- PROECUADOR. «Oportunidad de Inversión Fabricación de Papel Ecológico.» PRO ECUADOR - MERCOSOL, 2013: 3-5.
- Quezada, Mauro. «Determinación de la calidad del humus producido con desechos de la industria de papel y estiércol bovino.» IASA I, 2016.
- Reyes, X. Mapa de cobertura vegetal de la Provincia de Cotopaxi, mediante análisis de imágenes satelitales Landsat 7. Programa EcoCiencia, 2004.
- Rodríguez, Claudia. «Residuos ganaderos, cursos de introducción a la producción animal .» 2002.
- Rojas, Pablo. «Residuos sólidos y calentamiento global_Parte 1.» CEGESTI. Exito empresarial, No 254, 2014: 1-3.

- Román, Rosario Ambrogi. «El Cambio Climático un Problema Económico .» Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas (Facultad de Ciencias Económicas, UNAN-Managua) 4, nº 8 (noviembre 2016): 107- 117 .
- Soto, Gabriela, y Claudia Muñoz. «Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica.» Manejo integrado de plagas y agroecología 1, No 65, 2002.
- Suárez, María. «Evaluación del compostaje domiciliario como modelo de gestión de los residuos orgánicos. Caso de estudio: Comuna Villa La Serranita.» FRC-UTN , 2012: 2-85.
- Teschke, Kay, y Paul Demers. «Industria del Papel y de la Pasta de Papel. Sectores basados en recursos Biológicos.» Enciclopedia de Salud y seguridad en el Trabajo, 2008: 1-22.
- Torres, Luis. «Elaboración de composta.» Sistemas de agronegocios de traspatio. SAGARPA , s.f.
- Velayos, Carmen. «El cambio climático y los límites del individualismo.» 2015.

Glosario¹⁴

- Absorción

La adición de una sustancia de preocupación a un depósito. La absorción de sustancias que contienen carbono, en particular dióxido de carbono, se denomina a menudo secuestro (de carbono). Véase también Secuestro.

- Adaptación

Ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y privada, o la autónoma y la planificada.

- Antropogénico

Resultante o producido por acciones humanas

- Biocombustible

Combustible producido a partir de material seco orgánico o aceites combustibles producidos por plantas. Entre los ejemplos de biocombustibles se encuentran el alcohol (a partir de azúcar fermentado), el licor negro proveniente del proceso de fabricación de papel, la madera y el aceite de soja.

- Cambio climático

Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. Se debe tener en cuenta que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define ‘cambio climático’ como: ‘un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo

¹⁴ <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>

comparables'. La CMCC distingue entre 'cambio climático' atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y 'variabilidad climática' atribuida a causas naturales.

- Cambio en el uso de las tierras

Un cambio en el uso o gestión de las tierras por los humanos, que puede llevar a un cambio en la cubierta de dichas tierras. La cubierta de las tierras y el cambio en el uso de las tierras pueden tener un impacto en el albedo, la evapotranspiración, y las fuentes y los sumideros de gases de efecto invernadero, u otras propiedades del sistema climático, y puede tener igualmente consecuencias en el clima, ya sea de manera local o mundial. Véase también el Informe Especial del IPCC: Informe Especial del IPCC: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000b).

- Clorofluorocarbonos (CFC)

Gases de efecto invernadero incluidos en el Protocolo de Montreal de 1987 y utilizados para refrigeración, aire acondicionado, empaquetado, aislamiento, disolventes o propelentes para aerosoles. Como no se destruyen en la baja atmósfera, los CFC se desplazan hasta la alta atmósfera donde, con las condiciones apropiadas, descomponen el ozono. Estos gases están siendo sustituidos por otros compuestos, incluidos los hidroclorofluorocarbonos y los hidrofluorocarbonos, que son gases de efecto invernadero incluidos en el Protocolo de Kyoto.

- CO₂ (dióxido de carbono) equivalente

Concentración de dióxido de carbono que podría causar el mismo grado de forzamiento radiativo que una mezcla determinada de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero.

- Combustibles fósiles

Combustibles basados en carbono de depósitos de carbono fósil, incluidos el petróleo, el gas natural y el carbón.

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC)

La Convención se adoptó el 9 de mayo de 1992 en Nueva York, y más de 150 países y la Comunidad Europea la firmaron en la Cumbre sobre la Tierra de 1992 celebrada en Río de Janeiro. Su objetivo es la 'estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias

antropogénicas peligrosas en el sistema climático.’ Contiene compromisos para todas las Partes. En virtud de la Convención, las Partes del Anexo I se comprometen a volver las emisiones de gases de efecto invernadero no controladas por el Protocolo de Montreal a los niveles de 1990 hacia el año 2000. La Convención entró en vigor en marzo de 1994. Véase también Protocolo de Kyoto y Conferencia de las Partes (CdP).

- Dióxido de carbono (CO₂)

Gas que se produce de forma natural, y también como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y biomasa, cambios en el uso de las tierras y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio de radiación del planeta. Es el gas de referencia frente al que se miden otros gases de efecto invernadero y, por lo tanto, tiene un Potencial de calentamiento mundial de 1.

- Efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero absorben la radiación infrarroja, emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera debido a los mismos gases, y por las nubes. La radiación atmosférica se emite en todos los sentidos, incluso hacia la superficie terrestre. Los gases de efecto invernadero atrapan el calor dentro del sistema de la troposfera terrestre. A esto se le denomina ‘efecto invernadero natural.’ La radiación atmosférica se vincula en gran medida a la temperatura del nivel al que se emite. En la troposfera, la temperatura disminuye generalmente con la altura. En efecto, la radiación infrarroja emitida al espacio se origina en altitud con una temperatura que tiene una media de -19°C, en equilibrio con la radiación solar neta de entrada, mientras que la superficie terrestre tiene una temperatura media mucho mayor, de unos +14°C. Un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero produce un aumento de la opacidad infrarroja de la atmósfera, y por lo tanto, una radiación efectiva en el espacio desde una altitud mayor a una temperatura más baja. Esto causa un forzamiento radiativo, un desequilibrio que sólo puede ser compensado con un aumento de la temperatura del sistema superficie– troposfera. A esto se denomina ‘efecto invernadero aumentado’

- Emisiones

En el contexto de cambio climático, se entiende por emisiones la liberación de gases de efecto invernadero y/o sus precursores y aerosoles en la atmósfera, en una zona y un período de tiempo específicos.

- Emisiones antropogénicas

Emisiones de gases de efecto invernadero, de precursores de gases de efecto invernadero, y aerosoles asociados con actividades humanas. Entre estas actividades se incluyen la combustión de combustibles fósiles para producción de energía, la deforestación y los cambios en el uso de las tierras que tienen como resultado un incremento neto de emisiones.

- Erosión

Proceso de retiro y transporte de suelo y roca por obra de fenómenos meteorológicos, desgaste de masa, y la acción de cursos de agua, glaciares, olas, vientos, y aguas subterráneas.

- Eutrofización

Proceso por el que un cuerpo de agua (a menudo poco profundo) se enriquece (ya sea de forma natural o por contaminación) en nutrientes disueltos, con una deficiencia estacional en el oxígeno disuelto.

- Evapotranspiración

Proceso combinado de evaporación de la superficie terrestre y transpiración de la vegetación.

- Fertilización por nitrógeno

Mejoramiento del crecimiento de las plantas por la adición de compuestos de nitrógeno. En los Informes del IPCC, se refiere normalmente a la fertilización por fuentes de nitrógeno antropogénicas, como los fertilizantes creados por el hombre y los óxidos de nitrógeno emitidos por la combustión de combustibles fósiles.

- Gas de efecto invernadero

Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), y ozono (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además existe en la atmósfera una serie de

gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O, y CH₄, el Protocolo de Kyoto aborda otros gases de efecto invernadero, como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC).

- Mecanismo para un desarrollo limpio (CDM)

Definido en el Artículo 12 del Protocolo de Kyoto, el Mecanismo para un desarrollo limpio intenta cumplir dos objetivos: 1) ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención; y 2) ayudar a las Partes incluidas en el Anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones. En el marco de proyectos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio emprendidos por países no incluidos en el Anexo I para limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, se pueden otorgar al inversor (gobierno o industria) en las Partes en el Anexo B Unidades de Reducciones Certificadas de Emisiones, si esas reducciones están certificadas por entidades operativas designadas por la Conferencia de las Partes/ Reunión de las Partes. Una parte del producto de las actividades de proyectos certificadas se utiliza para cubrir gastos administrativos, y a ayudar a Partes que son países en desarrollo y son especialmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, para que sufraguen los costos de adaptación.

- Metano (CH₄)

Hidrocarburo que es un gas de efecto invernadero, producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos, digestión animal, descomposición de residuos animales, producción y distribución de gas natural y petróleo, producción de carbón, y combustión incompleta de combustibles fósiles. El metano es uno de los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir en el marco del Protocolo de Kyoto.

- Mitigación

Intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero.

- Óxido nitroso (N₂O)

Potente gas de efecto invernadero emitido por los usos de tierras para cultivos, especialmente el uso de fertilizadores comerciales y orgánicos, la combustión de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico, y la combustión de biomasa. Uno de los seis gases de efecto invernadero que se intentan reducir con el Protocolo de Kyoto

- Óxidos de nitrógeno (NOx)

Cualquiera de los óxidos de nitrógeno.

- Perfluorocarbonos (PFC)

Se encuentran entre los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir en el marco del Protocolo de Kyoto. Son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. También sustituyen a los clorofluorocarbonos en la fabricación de semiconductores. El Potencial de calentamiento mundial de los PFC es 6.500–9.200 veces superior al del dióxido de carbono.

- Salinización

Acumulación de sales en suelos.

- Secuestro (de carbono)

Proceso de aumento del contenido en carbono de un depósito de carbono que no sea la atmósfera. Desde un enfoque biológico incluye el secuestro directo de dióxido de carbono de la atmósfera mediante un cambio en el uso de las tierras, forestación, reforestación, y otras prácticas que mejoran el carbono en los suelos agrícolas. Desde un enfoque físico incluye la separación y eliminación del dióxido de carbono procedente de gases de combustión o del procesamiento de combustibles fósiles para producir fracciones con un alto contenido de hidrógeno y dióxido de carbono y el almacenamiento a largo plazo bajo tierra en depósitos de gas y petróleo, minas de carbón y acuíferos salinos.

- Sumidero

Cualquier proceso, actividad o mecanismo que retira de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de gases de efecto invernadero.

- Urbanización

Transformación de la tierra, desde un estado natural o natural gestionado (como la agricultura) en ciudades; proceso impulsado por la migración neta desde zonas rurales a las ciudades por el que un porcentaje cada vez mayor de la población en

cualquier nación o región pasa a vivir en asentamientos definidos como ‘centros urbanos.’

7 Anexos

7.1 Anexo1 Análisis del desecho de papel



CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net

SUPLEMENTO PROTOCOLO N°: 215862/2016-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 10
	Página 2 de 3


RESULTADOS OBTENIDOS


PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	20725
				L1
FÓSFORO TOTAL(*)	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/kg	105,1
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 22, 2012, 4500-N _{org} C	PA - 72.00	mg/kg	2277,3
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, EPA 9045 D, Rev. 04, 2004	PA - 05.00	UpH	7,79
POTASIO	EPA 3050 B, Rev. 02, 1996 EPA 7610 Rev. 0, 1986	PA - 26.00	mg/kg	40,6
MATERIA ORGÁNICA(*)	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	26,80
CALCIO(*)	Standard Methods Ed. 21, 2005, 3050 B EPA 7140 Ca, Ed. 1996	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/kg	^(A) 30494
CARBONO ORGÁNICO FÁCILMENTE OXIDABLE	Walkley Black, 1934	PA - 35.00	%	12,00

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(A) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Calcio de 8 a 4800 mg/kg

Anexo 2 Análisis del estiércol





Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
 Quito Ecuador
 T + 59 3 2341 4080
 ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net


SUPLEMENTO PROTOCOLO N°: 0815-3447	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 08
	Página 2 de 3

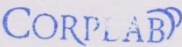
RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0042
				M1
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)	EPA 9050A, Rev.1, 1996	PA - 06.00	uS/cm	4420
FÓSFORO TOTAL(*)	Fusión Alcalina	PA - 49.00	mg/kg	6618
HUMEDAD(*)	EPA 160.3	PA - 85.00	%	66,2
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods, Ed. 22, 2012 4500-N _{org} -C	PA - 72.00	mg/kg	10804 ^(a)
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	EPA 9045 D; Rev. 04; 2004	PA - 05.00	UpH	8,83
POTASIO	EPA 3050 B, Rev. 02; 1996 EPA 7610; Rev. 0; 1986	PA - 26.00	mg/kg	32878 ^(a)
MATERIA ORGÁNICA(*)	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	31,6
CARBONO ORGÁNICO	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	14,1


REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:


^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Potasio de 2,5 a 125 mg/kg, Nitrógeno Total Kjeldahl de 62,5 a 3125 mg/kg





Anexo 3 Análisis del material inicial de Tratamiento 1 (15 días)





Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
 Quito Ecuador
 T + 59 3 2341 4080
 ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net


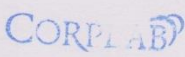
PROTOCOLO N°: 0915-3584	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 08
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS


PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0056 M6
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	EPA 9050A, Rev.1, 1996	PA - 06.00	uS/cm	4100
FÓSFORO TOTAL(*)	Fusión Alcalina	PA - 49.00	mg/kg	1561
HUMEDAD(*)	EPA 160.3	PA - 85.00	%	53,2
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods, Ed. 22, 2012 4500-N _{org} - C	PA - 72.00	mg/kg	11449 ^(a)
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	EPA 9045 D; Rev. 04; 2004	PA - 05.00	UpH	9,01
POTASIO	EPA 3050 B, Err. 02; 1996 EPA 7610; Rev. 0; 1986	PA - 26.00	mg/kg	20677 ^(a)
MATERIA ORGÁNICA(*)	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	20,56
CARBONO ORGÁNICO	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	9,20


REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Potasio de 2,5 a 125 mg/kg, Nitrógeno Total Kjeldahl de 62,5 a 3125 mg/kg

Anexo 4 Análisis del material compostado de tratamiento 1 (15 días)





Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
 Quito Ecuador
 T + 59 3 2341 4080
 ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net


PROTOCOLO N°: 1115-3812	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 08
	Página 2 de 3

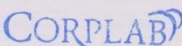
RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0074
				M6F
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	EPA 9050A, Rev.1, 1996	PA - 06.00	uS/cm	3260
FÓSFORO TOTAL(*)	Fusión Alcalina	PA - 49.00	mg/kg	<100
HUMEDAD(*)	EPA 160.3	PA - 85.00	%	57,0
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods Ed. 22, 2012 4500 N _{org} C	PA - 72.00	mg/kg	11288 ^(a)
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	EPA 9045 D; Rev. 04; 2004	PA - 05.00	UpH	8,31
POTASIO	EPA 3050 B, Rev. 02; 1996 EPA 7610; Rev. 0; 1996	PA - 26.00	mg/kg	10379 ^(a)
MATERIA ORGÁNICA(*)	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	27,40
CARBONO ORGÁNICO	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	12,26



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Nitrógeno Total de 62,5 a 3125 mg/kg, Potasio de 2,5 a 125 mg/kg.





Anexo 5 Análisis del material inicial de tratamiento 2 (30 días)

Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net


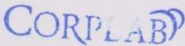
SUPLEMENTO PROTOCOLO N°: 0815-3449	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 08
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS


PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0044 M3
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)	EPA 9050A, Rev.1, 1996	PA - 06.00	uS/cm	4670
FÓSFORO TOTAL(*)	Fusión Alcalina	PA - 49.00	mg/kg	1601
HUMEDAD(*)	EPA 160.3	PA - 85.00	%	61,0
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods, Ed. 22, 2012 4500-N _{org} - C	PA - 72.00	mg/kg	12708 ^(a)
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	EPA 9045 D; Rev. 04; 2004	PA - 05.00	UpH	8,34
POTASIO	EPA 3050 B, Env. 02; 1996 EPA 7610; Rev. 0; 1986	PA - 26.00	mg/kg	26411 ^(a)
MATERIA ORGÁNICA(*)	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	36,3
CARBONO ORGÁNICO	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	16,3


REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Potasio de 2,5 a 125 mg/kg, Nitrógeno Total Kjeldahl de 62,5 a 3125 mg/kg

Anexo 6 Análisis del material compostado de tratamiento 2 (30 días)






Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net


PROTOCOLO N°: 0915-3532	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 08
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	M-0050
				M1
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	EPA 9050A, Rev. 1, 1996	PA - 06.00	uS/cm	5120
FOSFORO TOTAL(*)	Fusión Alcalina	PA - 49.00	mg/kg	1492
HUMEDAD(*)	EPA 160.3	PA - 85.00	%	77
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	Standard Methods, Ed. 22, 2012 4500-N _{org} -C	PA - 72.00	mg/kg	12172 ^(a)
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	EPA 9045 D; Rev. 04; 2004	PA - 05.00	UpH	7,36
POTASIO	EPA 3050 B, Rev. 02; 1996 EPA 7610; Rev. 0; 1986	PA - 26.00	mg/kg	20260 ^(a)
MATERIA ORGÁNICA(*)	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	55,6
CARBONO ORGÁNICO	WALKLEY BLACK, 1934	PA - 35.00	%	24,9

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del rango de acreditación del SAE para Nitrógeno Total Kjeldahl de 62,5 a 3125 mg/kg, Potasio de 2,5 a 125 mg/kg





Anexo 7 Análisis celulosa 1



ALS Ecuador
Rigoberto Heredia 0e6-157 y Huachi
Quito, Ecuador
T: +59 3 2341 4080

PROTOCOLO N°: 265689/2016-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 10
	Página 2 de 6

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	26195-1	(1) LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	(2) CRITERIO DE RESULTADOS
				L1		
CORROSIVIDAD						
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	EPA 9045 D; Rev. 04; 2004	PA - 05.00	UpH	7,22	≥ 2 ≤ 12,5	CUMPLE
REACTIVIDAD						
REACCIÓN CON AGUA(*)	NOM-052-SEMARNAT/93	MÉTODO INTERNO	NO APLICA	NO REACCIONA	NO REACCIONA	CUMPLE
REACCIÓN CON ÁCIDO(*)	NOM-052-SEMARNAT/93	MÉTODO INTERNO	NO APLICA	NO REACCIONA	NO REACCIONA	CUMPLE
REACCIÓN CON ÁLCALI(*)	NOM-052-SEMARNAT/93	MÉTODO INTERNO	NO APLICA	NO REACCIONA	NO REACCIONA	CUMPLE
GENERACIÓN DE HCN(*)	EPA 9014	MÉTODO INTERNO	mg/kg	<0,10	250 HCN	CUMPLE
GENERACIÓN DE H2S(*)	EPA 9034	MÉTODO INTERNO	mg/kg	<3,00	500 H2S	CUMPLE
EXPLOSIVIDAD						
REACCIÓN O DESCOMPOSICIÓN DETONANTE O EXPLOSIVA(*)	NOM-052-SEMARNAT/93	MÉTODO INTERNO	NO APLICA	NO REACCIONA	NO REACCIONA NO SE DESCOMPONE	CUMPLE
INFLAMABILIDAD						
PUNTO DE INFLAMACIÓN SI ES LÍQUIDO(*)	EPA 1010 A	METODO INTERNO	°C	NO APLICA	>60	NO APLICA
CAPAZ DE PROVOCAR FUEGO SI NO ES LÍQUIDO(*)	NOM-052-SEMARNAT/93	METODO INTERNO	NO APLICA	NO ES CAPAZ	NO ES CAPAZ	CUMPLE
ES GAS COMPRIMIDO INFLAMABLE U OXIDANTE(*)	NOM-052-SEMARNAT/93	METODO INTERNO	NO APLICA	NO LO ES	NO LO ES	CUMPLE
METALES						
ARSÉNICO(*)	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3120 B, 3030 B, 3030 D, 3030 E	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	0,023	5,0	CUMPLE
BARIO	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 Standard Methods Ed. 22, 2012, 3111 D	PA - 22.00	mg/l	1,75	100,0	CUMPLE
CADMIO	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 Standard Methods Ed. 22, 2012, 3111 B	PA - 07.00	mg/l	<0,02	1,0	CUMPLE
CROMO TOTAL	EPA 3010 A, Rev. 01, 1992 Standard Methods Ed. 22, 2012, 3111 B	PA - 18.00	mg/l	<0,05	NO APLICA	NO APLICA

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

⁽¹⁾ CRETIB, ACUERDO MINISTERIAL 161, CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS, Tabla 3: Límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT; Tabla 2: Métodos para medir las características CRETIB en desechos peligrosos.

⁽²⁾ Criterio de resultados

Anexo 8 Análisis celulosa 2



ALS Ecuador
Rigoberto Heredia Oe6-157 y Huachi
Quito, Ecuador
T: +59 3 2341 4080

PROTOCOLO N°: 265689/2016-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 10
	Página 3 de 6

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	26195-1	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				L1		
MERCURIO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3112 B	PA - 57.00	mg/l	<0,002	0,2	CUMPLE
PLOMO	EPA 3010 A Rev. 01, 1992 Standard Methods Ed. 22, 2012, 3111 B	PA - 09.00	mg/l	<0,10	5,0	CUMPLE
SELENIO(*)	Standard Methods Ed. 22, 2012, 3120 B, 3030 B, 3030 D, 3030 E	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,010	1,0	CUMPLE
ÁCIDO 2,4-DICLOROFENOXIACÉTICO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD	ALS WATERLOO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,0020	10,0	CUMPLE
ÁCIDO 2,4,5-TRICLOROFENOXIACÉTICO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0020	1,0	CUMPLE
CLORDANO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0030	0,03	CUMPLE
O-CRESOL(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,015	200	CUMPLE
M-CRESOL(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,015	200	CUMPLE
P-CRESOL(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,015	200	CUMPLE
CRESOL(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,015	NO APLICA	NO APLICA
2,4-DINITROTOLUENO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0040	0,13	CUMPLE
ENDRIN(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0010	0,02	CUMPLE
HEPTACLORO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0010	0,008	CUMPLE
HEPTACLORO EPÓXIDO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0010	0,008	CUMPLE
HEXACLOROETANO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0040	3	CUMPLE
LINDANO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0010	0,4	CUMPLE
METOXICLORO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0010	10,0	CUMPLE
NITROBENCENO(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0040	2	CUMPLE
PENTACLOROFENOL(*)	EPA 1311 / SW846 8270 - GC / MSD		mg/l	<0,0050	100	CUMPLE

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

⁽¹⁾ CRETIB, ACUERDO MINISTERIAL 161, CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS, Tabla 3: Límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT.

⁽²⁾ Criterio de resultados

 Servicio de Acreditación Ecuatoriano
Acreditación N° OAE LE 20 05-005
LABORATORIO DE ENSAYOS